

**Межвузовский научно-координационный совет по проблеме
эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Удмуртский государственный университет*

**Двадцать седьмое пленарное
межвузовское координационное
совещание по проблеме
эрозионных, русловых и устьевых
процессов**



Ижевск, 8 – 12 октября 2012 г.

Доклады и сообщения

Ижевск, 2012

Двадцать седьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Ижевск, 8 – 12 октября 2012 г.): Доклады и краткие сообщения. Ижевск. 2012, 213 с.

ISBN

Сборник содержит результаты исследований учёных вузов из России, стран СНГ, Польши, объединённых Межвузовским научно-координационным советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ, представленных в виде докладов и сообщений на XXVII совещании совета.

Сборник рассчитан на специалистов в области русловых процессов, гидрологии рек, флювиальной геоморфологии, гидротехники, почвоведения, водных путей и мелиорации.

УДК 551.48

Редакционная комиссия:

*профессор Р.С. Чалов, профессор И.И. Рысин (сопредседатели),
к.г.н. С.Н. Рулева (учёный секретарь), д.г.н. К.М. Беркович,
д.г.н. В.Н. Голосов, д.г.н. В.Н. Коротаев, д.г.н. Л.Ф. Литвин,
к.г.н. Н.Н. Виноградова, к.г.н. В.В. Сурков*

Подготовлен в рамках программы гранта Государственной поддержки научных исследований, проводимых ведущими научными школами (проект НШ-79.2012.5).

*Печатается по постановлению Президиума
Межвузовского научно-координационного совета по проблеме
эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ*

ISBN

© Коллектив авторов, 2012
© МГУ, 2012
© Удмуртский государственный университет, 2012

ДОКЛАДЫ

**С.А. Агафонова, К.М. Беркович, С.Н. Рулёва, В.В. Сурков,
Н.Л. Фролова**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

РЕКА ТОМЬ: МОРФОЛОГИЯ РУСЛА И ЗАТОРЫ ЛЬДА (В ПРЕДЕЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)*

Введение. Томь в пределах Томской области относится к рекам, русло и пойма которой в исключительно высокой степени изменено хозяйственной деятельностью. К сооружениям и видам деятельности, влияющим на русло реки, относятся: факторы урбанизации (берегоукрепления, набережные, постройки на пойме), дамбы обвалования на пойме, мостовые переходы, путевые дноуглубительные работы. Они меняют рельеф и гидравлические сопротивления русла и поймы и, тем самым, распределение скоростей течения. Но главным видом деятельности, в многом определяющим гидрологический и русловый режим реки, является разработка русловых карьеров песчано-гравийных материалов.

Нижнее течение Томи отличается широким проявлением ледовых заторов. Ледовые заторы – характерная особенность нижней Томи в пределах Томской области. Для неё характерна наибольшая повторяемость заторов – 1 раз в 5 лет [Каталог..., 1976]. Средняя продолжительность заторов на р. Томи не превышает трёх суток, средний подъём уровня воды – 3 м. В связи с этим велика вероятность затопления населённых пунктов и объектов инфраструктуры. Формирование заторов в районе г. Томска выше и ниже него по течению во многом связано с особенностями морфологии русла и существенной его трансформации в результате интенсивной хозяйственной деятельности.

Формирование заторов льда определяется сложным сочетанием географических, гидрологических, метеорологических и геоморфологических факторов. Главными географическими причинами их в нижнем течении Томи являются: 1) уменьшение уклонов реки, берущей начало в горах, и снижение скоростей течения; 2) река имеет преимущественное направленное течение с юга на север; 3) в верхнем и среднем течении ледовый покров вскрывается раньше, чем в нижнем.

Развитие русла Томи происходит в сложных геолого-геоморфологических условиях. Во многом последствия антропогенных нарушений обязаны особенностям речной долины. Отчётливая геолого-тектоническая граница, проходящая в 70 км от устья реки, определяет различие уклонов, крупности руслообразующих наносов, морфологии и динамики русла выше и ниже по течению. Морфологические особенности русла влияют на характер движения потока, особенно в половодье, и часто являются причиной формирования заторов.

* Выполнено в рамках программы Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-79.2012.5) и по госконтракту с Верхне-Обским бассейновым водным управлением.

Повышение уровней половодья вследствие формирования заторов приводит в условиях высокой хозяйственной освоенности дна долины к наводнениям, угрожающим населённым пунктам, мостовым переходам, объектам инфраструктуры. Наводнения наблюдаются в период вскрытия реки в весенний период и, чаще всего, на участках со сложными морфологическими условиями. Основные из них – резкое уменьшение уклона по длине реки, сужение русла, разветвления, крутые излучины, узлы слияния рек [Банщикова, 2009].

Гидрометеорологические условия формирования заторов. Гидрологический режим реки не зарегулирован искусственно и однороден по всей длине исследуемого участка. В режиме реки выделяется отчётливое половодье и продолжительная межень. Половодье является основной фазой водного режима. В этот период проходит 60-90% годового стока, и отмечаются максимальные расходы и уровни воды. Весеннее половодье на р. Томи начинается резким подъёмом уровней, размах колебаний которых в среднем составляет 5-8 м. Половодье имеет сложный характер и может проходить одной, двумя или даже тремя волнами. Максимальные уровни отмечаются во время весеннего ледохода, приходящегося на период с 13 апреля по 19 мая. Примерно в половине случаев максимальный годовой уровень воды наблюдается после очищения реки ото льда. Среднегодовое количество воды составляет 1080 м³/с, максимальный расход воды у Томска в 1937 г. составил 13600 м³/с. Средний максимальный расход воды за весь период наблюдений с 1918 г. – 8340 м³/с [Короткова, Вершинин, 2011]. Максимальные расходы весеннего половодья заметно снизились по сравнению с первой половиной XX столетия, хотя они относительно стабильны во второй половине века.

Климатические условия определяют основные черты ледового режима. Средняя продолжительность периода с ледовыми явлениями на нижней Томи составляет 175-180 дней. Первые ледовые образования в виде заберегов и сала появляются в конце октября – первых числах ноября вслед за переходом температуры воздуха через 0°C к отрицательным значениям. Ледостав в среднем устанавливается к середине ноября. В первые 10 дней уровень воды растёт, затем несколько снижается и остаётся постоянным до весны. Средняя продолжительность ледостава составляет до 90% продолжительности периода с ледовыми явлениями.

Толщина льда увеличивается в течение всей зимы и достигает максимальных значений перед вскрытием (60 см в тёплые и до 120 см в суровые зимы). Толщина льда в устье р. Томи (у г.п. Козюлино) из-за влияния сброса промышленных вод выше по течению даже в суровые годы не превышает 65 см. В местах выхода грунтовых вод образуются наледи, которые развиваются в течение всей зимы [Ресурсы..., 1977]. Разрушение льда начинается с появления талой воды на его поверхности. Весенний ледоход в среднем начинается в середине апреля, в третьей декаде апреля река очищается ото льда. Вскрытие часто сопровождается образованием заторов льда.

Формирование заторов определяется типом замерзания и характером последующего весеннего вскрытия, которые, в свою очередь, зависят от погодных условий осени [Марусенко, 1958]. Когда осенью господствует сухая и холодная погода, ледяной покров устанавливается на низких уровнях, объём льда невелик, и при отсутствии подо льдом шуги заторы не формируются. В годы, когда сухая и морозная воздушная масса резко сменяется тёплой и влажной, несущей обильные осадки в виде дождя и снега, начавшийся осенний ледоход прерывается. Шуга, сало и снежница забивают живое сечение и остаются подо льдом до весны. Образующиеся зажоры вызывают подъём уровня воды на 2,5-3,0 м [Ресурсы..., 1977], ледостав устанавливается при средних и высоких уровнях воды. Поверхность льда при таком типе замерзания торосистая, вскрытие реки сопровождается заторами. В годы с тёплой и влажной осенью ледостав устанавливается на высоких уровнях воды после неоднократного ледохода в поздние сроки. Большой объём льда и сформировавшиеся осенью заторы приводят к катастрофическим наводнениям в период весеннего вскрытия.

На изменения сроков ледовых явлений и другие особенности ледового режима влияют даты перехода среднесуточной температуры через 0°C весной и осенью, а также сумма отрицательных температур воздуха. За период более 100 лет метеорологические характеристики изменились незначительно, смещения сроков ледовых явлений практически не наблюдаются, за исключением дат вскрытия, которые изменились на более ранние, особенно в нижнем течении. С этим связано увеличение продолжительности весеннего ледохода.

Характер вскрытия и его изменение от года к году зависит также от соотношения динамических и тепловых факторов в период вскрытия. Динамические факторы (волна половодья) определяются погодными условиями в верховьях бассейна и характеризуются, в том числе, интенсивностью нарастания расходов воды. Под действием тепловых факторов происходит потеря прочности ледяного покрова. В нижнем течении р. Томи вскрытие нередко происходит на фоне отрицательных температур воздуха, до устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C.

Заторы создают заметный вклад в режим уровней воды. Отметка свободной поверхности потока (уровень) в конкретной точке поперечного сечения русла отражает её положение относительно поверхности дна и плоскости сравнения. Главной причиной изменения уровня являются: изменение притока воды с вышерасположенных участков реки (стоковая составляющая уровня), волны перемещения, подпорные явления, смещение вдоль потока форм руслового рельефа, изменение отметок дна в результате отложения или размыва наносов.

При постоянном расходе воды большую роль в изменении уровней играет нарушение равномерного движения потока: возникновение подпора или спада водной поверхности. К таким нарушениям относится возникновение заторов и зажоров льда. В произвольном створе реки выше них воз-

никает подпорная составляющая уровня воды, которая зависит от расстояния до затора, уклона дна, морфологии долины и др.

В последние годы на нижней Томи участились ледовые заторы, и выросли максимальные уровни воды заторного происхождения. За период с 1998 по 2011 гг. заторы во время весеннего вскрытия реки наблюдались в 40% случаев. Заторные подъёмы уровня в среднем достигают 2 м, иногда – 5 м. Максимальный заторный уровень воды определяется характеристиками ледяного покрова (его толщиной и прочностью) и водного режима – расходом воды и интенсивностью его увеличения в момент вскрытия и образования затора [Агафонова, Фролова, 2007]. Для р. Томи у г. Томска получена линейная зависимость величины заторного подъёма уровня воды от прочности и толщины льда [Булатов, 1972]. Вклад заторной составляющей в уровень воды может достигать 70%, хотя это чаще наблюдается при невысоких уровнях воды. В годы катастрофических наводнений заторная составляющая не превышает 40%.

Глобальные изменения климата оказали определенное воздействие на ледовый режим Томи. В целом река начала вскрываться раньше, а максимальные уровни – наступать позже. По-видимому, роль теплового фактора во вскрытии реки повышается. В последние 10 лет наблюдаются низкие значения прочности и толщины льда, что способствует снижению заторных подъёмов уровня воды. Однако это не исключает формирования катастрофических наводнений в период с ледовыми явлениями, как это было в 2010 г., когда на г.п. Томск–гидроствор наблюдался самый высокий уровень воды за весь период наблюдений с 1964 г. Причинами формирования затора 2010 г. послужили: осенний ледоход 2009 г., вызванный дождями в верховьях Томи; мощный ледяной покров в условиях холодной зимы 2009–2010 гг.; задержка начала ледохода на 15–20 дней и паводка на малых реках вследствие холодной весны; резкое потепление в конце апреля.

Морфология русла и его трансформация. При оптимальном сочетании гидрометеорологических условий необходимым фактором формирования заторов является морфологические особенности русла и дна долины в целом. Максимальная аккумуляция льда и шуги происходит на участках с наименьшей пропускной способностью русла, обусловленной естественными и антропогенными условиями. К естественным условиям, способствующим формированию заторов, относятся крутые излучины, сужения русла скальными выступами, разветвления. Антропогенные нарушения очень многочисленны в нижнем течении Томи: мостовые переходы, набережные, дамбы обвалования, склады добываемых в русле песчано-гравийных материалов на берегах [Савичев, Льготин, 2011]. Возникновению заторов способствует также чередование глубоких карьерных выемок на дне с почти застойной водой, где отмечается максимальная (до 6 м) толщина льда, и мелководных перекатов, на которых происходит торошение льда.

Наиболее яркой особенностью морфологии русла р. Томи в нижнем течении является наличие резкого перегиба продольного профиля в нескольких километрах выше Томска. Он разделяет участок от с. Ярского до

устья длиной 122 км на два отрезка. Перегиб отчётливо фиксируется по резкому изменению уклона водной поверхности. Верхний отрезок длиной около 50 км отличается сравнительно большим для равнинной реки уклоном – в среднем более 0,2‰ (табл.) и большой крупностью руслообразующих наносов. Этот отрезок заканчивается скальным выступом дна (порогом), уклон на котором достигает 0,6-0,8‰.

Нижний участок, который начинается непосредственно ниже порога, имеет малый уклон и более мелкие наносы, хотя и достаточно крупные для равнинной реки. На фоне однородного гидрологического режима различие участков определяется геолого-тектоническими факторами и различием в интенсивности антропогенных нарушений. Перегиб продольного профиля существовал и при естественном режиме, в начале 30-х гг. XX в. он располагался в 55 км от устья, т.е. почти на 20 км ниже по течению, чем в настоящее время. Он фиксировал геолого-тектоническую границу между Колывань-Томской складчатой зоной и Западно-Сибирской плитой. Уклон реки менялся здесь с 0,21 до 0,09‰.

Таблица. Распределение уклонов водной поверхности по длине р. Томи

км от устья	Участок	уклон, ‰			Диаметр наносов, мм
		2011 г., май	2010 г., октябрь	1982 г., август	
122-105		0,223	0,270	–	–
105-94	Разветвление с протокой Светлой	0,150	0,155	–	–
	Протока Светлая	0,081	0,177	–	–
94-82	Тахтамышевская протока	0,217	0,255	0,280	–
	Суровская протока	0,340	0,328	0,320	–
82-75	Басандайка	0,157	0,083	0,126	–
75-73	порог	0,472	0,895	0,583	–
	Верхний участок в целом	0,203	0,210	–	27-37
73-69	Сенные перекаты	0,168	0,057	0,090	7,8
69-45		0,108	0,019	0,034	4,6
45-30	Чернильщикровский	0,065	0,018	–	6,5
30-10		0,017	0,010	–	8,2
10-0	Приустьевой	0,064	0,051	–	3,3
	Нижний участок в целом	0,028	0,023	0,010	6,1

Главным антропогенным фактором обособления перегиба продольного профиля послужила разработка русловых карьеров; дополнительную роль сыграли, вероятно, дноуглубительные работы и факторы урбанизации: застройка поймы, стеснение русла насыпями и дамбами. Добыча песчано-гравийных материалов из русла Томи производилась с 50-х гг. XX в. и концентрировалась на участке 30-69 км от устья. Объём добычи достигал максимума в конце 80-х гг. XX в. – 6 млн. т/год. Хотя точные данные по объёмам добычи неизвестны, можно полагать, что всего из русла Томи было извлечено не менее 100 млн. м³ аллювиального песчано-гравийного мате-

риала. Учитывая, что объём стока таких наносов не превышает в среднем 200 тыс. м³ в год, суммарный объём удалённого материала на порядок превышает объём его компенсации стоком наносов. Средняя глубина русла и площадь поперечного сечения увеличились в несколько раз, уклон уменьшился в 3-4 раза. Если в естественных условиях соотношение уклонов выше и ниже перегиба составляло 2,3, то в настоящее время оно равно 7,5.

Резкая искусственная трансформация формы русла ниже и возле Томска привела к развитию регрессивной эрозии, типичной для участков рек выше крупных русловых карьеров, и часто имеет характер смещения крутого перегиба профиля дна (и водной поверхности) против течения с одновременным понижением отметок дна реки. Это ярко проявилось выше Томска, где перегиб профиля сместился за 30 лет на 20 км. Увеличение пропускной способности русла привело к понижению уровней воды: отметка водной поверхности в Томске понизилась при сопоставимых меженных расходах воды на 2,5 м.

Понижение минимальных уровней наблюдалось в течение 60-80-х годов XX в.; в последние 20 лет уровни стабилизировались. Уровни половодья понизились на 3,4 м [Вершинин, 2005]. В результате размывов обособился выступ дна (порог), что, хотя и не привело к прекращению регрессивной эрозии, но ограничило её величину. Характерно, что перегиб продольного профиля отчётливо выражен и в половодье. В районе перегиба русло реки стеснено опорами и насыпями подходов коммунального моста. Это одно из мест формирования заторов, где проявляются сразу два морфологических фактора: резкое уменьшение уклона и стеснение потока половодья. Здесь образовался экстремально большой затор в 2010 г., вызвавший наводнение в некоторых районах Томска. Этому способствовало загромождение русла наносами непосредственно ниже порога (73-69 км). Отложение материала глубинной эрозии, развивавшейся выше по течению, происходило здесь несколько десятилетий. Стеснение потока галечными отмелями наряду с инженерными сооружениями сокращает пропускную способность русла.

Морфологически русло нижнего участка представляло собой одиночные и простые сопряжённые разветвления, чередующиеся с прямолинейными отрезками и адаптированными излучинами. Русло в основном тяготеет к правому берегу, составленному уступами террас. В основании террас часто выходят галечные отложения. Вследствие этого, а также благодаря удалению большого слоя наносов из русла, крупность современного аллювия очень велика. Малые уклоны, обусловленные искусственным переглублением русла, уничтожением перекатов и островов, и крупные наносы, определяют высокую устойчивость русла в отношении вертикальных деформаций.

Заторы льда часто встречаются также на участке ниже перегиба профиля от г. Томска до г. Северска (68-55 км) и от д. Чернильщикова до д. Орловки (38-22 км). В первом случае морфологическим фактором формирования затора на фоне небольшого уклона является крутая излучина у г. Северска; во втором – разветвление русла группой островов.

На *верхнем участке* морфологические условия образования заторов льда также разнообразны. Здесь на поверхность выходят скальные породы, они вскрываются в русле реки, слагают цоколи правобережных террас, образуют скалистые мысы, далеко выступающие в русло. Долина реки характеризуется наличием резких сужений и расширений. Наиболее ярко выраженные скальные мысы оказывают струенаправляющее влияние на поток и обуславливают резкие повороты русла (Синий Утёс – у с. Коларова, Боец – у коммунального моста). Русловые наносы отличаются здесь большой крупностью – в среднем до 37 мм. На поверхности отмелей встречаются обломки крупностью 100 мм и более. Уклон водной поверхности колеблется от 0,15 до 0,35‰. Эти наносы формируют отмостку, диаметр частиц которой составляет 30-50 мм и более. Русловой рельеф там, где он не нарушен человеком, достаточно стабилен.

Галечные перекаты участка, не затронутые разработкой карьеров, имеют широкие побочни, возвышающиеся на 0,5-1,5 м над меженным уровнем и малую глубину.

На верхнем участке встречается прямолинейное и слабоизвилистое русло, адаптированные и вынужденная излучина, одиночные разветвления. Разветвление русла ниже с. Вершинино является одним из наиболее сложных морфологически участков русла р. Томи, опасных в отношении образования заторов. Поток делится здесь на две примерно равноценные ветви [Короткова, Вершинин, 2011] несколькими островами. Распределение стока между основными рукавами остаётся достаточно постоянным в течение последних двух десятилетий. Очевидно, происхождение этого разветвления связано с особенностями геологического строения долины, значительными колебаниями расходов воды, относительно малоустойчивыми берегами, а также воздействием тяжёлого ледохода и заторов. Важную роль в формировании разветвления играл, по-видимому, мыс Синий Утёс.

В условиях свободного формирования русла река приобретает некоторый характерный уклон водной поверхности, соответствующий крупности донных наносов и руслоформирующему расходу воды [Лапшенков, 1979]. Учитывая, что средний диаметр наносов, согласно измерениям на прирусловых отмелях, составляет 26-37 мм, а руслоформирующий расход определён в 4960 м³/с [Киселев, Земцов, 2011], характерный уклон водной поверхности равен 0,27-0,36‰. Расчётный уклон, как видно, достаточно близок к реальному, что подтверждает слова об устойчивости русла в отношении вертикальных деформаций. Изменения ширины и морфологии русла определяют изменения критического диаметра наносов, уклона и транспортирующей способности потока. Наименьшим уклоном отличается разветвление ниже с. Вершинино.

Антропогенные нарушения русла на верхнем участке сравнительно невелики. Они заключаются в разработке русловых карьеров песчано-гравийных материалов. Она начиналась в середине 80-х гг. XX в. в районе Басандайского острова (75-80 км от устья), привела к формированию выемок глубиной 6-7 м и сокращению площади острова. В последние 10-15

лет карьеры разрабатываются на участке 94-105 км (выше с. Коларово), в частности в правом главном рукаве разветвления, а также в протоке Светлой. Это привело к формированию достаточно глубоких выемок и размыву перекатов и отмелей, что несколько увеличивает пропускную способность русла.

На верхнем участке заторы льда наиболее часто фиксируются на слабоизвилистом участке от с. Ярского до д. Курлек (120-112 км от устья), а также в разветвлении от с. Вершинино до с. Коларово (108-95 км). В первом случае на формировании заторов сказывается наличие обширных галечных отмелей с высокими отметками поверхности, которые ограничивают пропускную способность русла. Во втором случае затор чаще всего располагается в правом рукаве ниже узла разветвления, где поток уже теряет примерно половину расхода; и кроме того русло образует здесь крутую излучину.

Закключение. Формирование заторов льда на р. Томи, участвовавшее в последние годы в районе Томска и угроза наводнений, связанных с заторами, является следствием комплекса причин. Наряду с факторами, общими для рек Сибири (более раннее вскрытие реки и более позднее наступление максимальных уровней воды), важную роль играют местные морфологические условия, подвергшиеся в последние 50 лет значительным антропогенным изменениям.

ЛИТЕРАТУРА

Агафонова С.А., Фролова Н.Л. Особенности ледового режима рек бассейна Северной Двины // Водные ресурсы. 2007. Том 34. № 2.

Банищикова Л.С. Наводнения на реках, вызванные заторами льда, методика их мониторинга и оценки риска. Автореф. дисс... канд. геогр. наук. СПб.: ГГИ. 2009.

Булатов С.Н. К расчету таяния ледяного покрова рек и водохранилищ // Тр. ГМЦ СССР. Вып. 49. 1972.

Вершинин Д.А. Техногенные воздействия на вертикальные деформации русла и гидравлику потока (на примере р. Томи). Автореф. дисс. канд. геогр. наук. Томск: ТГУ. 2005.

Каталог заторных и зажорных участков рек СССР. Том 2. Л.: Гидрометеиздат. 1976.

Киселев Д.В., Земцов В.А. Определение характерных расходов воды, наиболее интенсивно влияющих на процесс формирования речного русла (на примере рек Томской области) // Вест. Томск. ун-та. 2011. № 351.

Короткова Е.М., Вершинин Д.А. Исследование процесса грядобразования на разветвленном участке р. Томи в связи с особенностями его водного и ледового режимов // Вест. Томск. ун-та. 2011. № 351.

Лапшенков В.С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. Л.: Гидрометеиздат. 1979.

Марусенко Я.И. Ледовый режим рек бассейна Томи. Томск: Изд-во ТГУ. 1958.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 15. Вып. 2. Л.: Гидрометеиздат. 1977.

Савичев О.Г., Льготин В.А. Методика оценки уровней воды реки Томь при ледовых заторах и заторах у г. Томска // Изв. Томск. политех. ун-та. 2011. Том 318. № 1.

3. Бабиньский

*Институт географии Университета им. Казимира Великого, Быдгощ,
Польша*

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ ПУТЕЙ В ГОРОДАХ (ИЗБРАННЫЕ ПРИМЕРЫ)*

Введение. От зарождения человечества реки представляли собой важные объекты, нужные для жизни, места поселений, лёгкие пути сообщения. Над реками возникли древнейшие и одновременно крупнейшие мировые культурно-экономические центры, например, шумерская культура на Ефрате и Тигре, Египет на нижнем Ниле, народы Хараппы на Инде, китайцы на Хуанхэ. Вся экономика и заселение тяготели к речным системам. В средневековые крупнейшие города возникали на берегах рек, были вытянуты по направлению их течения. Таковы, кроме прочих, города, находящиеся на Висле – Краков, Варшава, Плоцк, Влоцлавек, Торунь, Быдгощ, Грудзендз, Гданьск. Они были тесно связаны с этой рекой – главной транспортной дорогой Польши. Висла в то время исполняла ведущую транспортную роль в европейском масштабе. Особую роль в этом отношении сыграл построенный во второй половине XVIII в. Быдгощский канал, который вместе с Нотецким каналом соединил Восточную и Западную Европу и образовал современный международный путь Е-40 и Е-70 (рис. 1). С этого времени город, лежащий при впадении реки Брды в Вислу, приобрёл особое экономическое значение, как чрезвычайно важный транспортный центр. Этот факт подтверждают исследования М. Сольской [Solska, 2007], которые показывают, что реки были существенным фактором организации и формирования города, обуславливаемым его положением. Связь между городом и рекой, а также её функции, менялись с общественно-экономическим развитием. Современные планы экономического развития городов учитывают расположение реки и развитие вместе с прибрежными территориями. Правильное использование реки в пределах города позволяет развивать рекреацию, спорт и туризм. Оно также даёт возможность применения решений, благоприятных для экологии. Прибрежные территории, в частности городские, могут и должны использоваться и быть привлекательными.

* Перевод на русский язык К.М. Берковича.

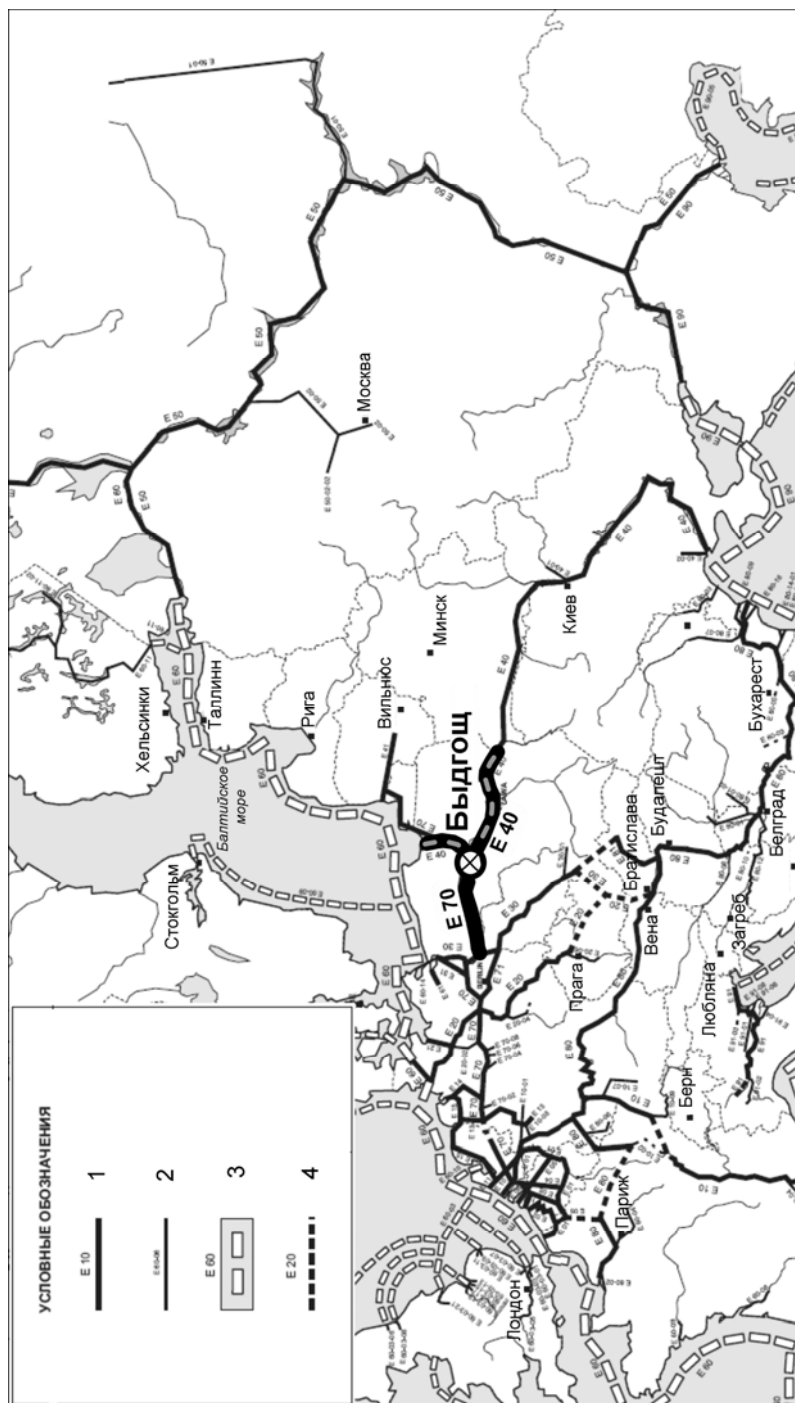


Рис. 1. Европейская международная система водных путей и положение в ней водного пути E-40 и E-70 с центром в Бидгоще: 1 – основные водные пути; 2 – ответвления; 3 – прибрежные маршруты; 4 – недостающие звенья.

Это означает, что проблема обновления водных путей, их дальнейшего развития должна рассматриваться комплексно в контексте: река (вода) и её ближайшее окружение (побережье). Для того, чтобы водный путь мог функционировать как межрегиональный, должно выполняться условие его «проходимости» по всей длине, т.к. даже короткий отрезок, блокирующий свободное судоходство, может остановить водный транспорт. Таким примером является Висла и многие европейские реки, преобразование которых привели к изменению их экономической роли.

Причина замедления развития водных путей. Многовековое воздействие хозяйственной деятельности человека в бассейне Вислы, и прежде всего на дне долины, привело к тому, что этот наиболее динамичный элемент природной среды подвергнулся переформированию и даже деградации [Babiński 1992, 2002, 2005]. Сегодня трудно найти участок реки, который сохранил бы свой естественный характер и не был изменён человеком. Явное влияние деятельности человека на дно долины Вислы обозначилось в XVII в. в результате чрезмерного уничтожения лесов в верховьях (откуда шёл сплав леса) и культивирования пропашных растений и хлеба. Это привело к росту величины и частоты паводков и снижению водности межени, а также ускоренной доставке наносов в реку, главным образом влекомых. Это, в свою очередь, дало импульс медленной трансформации русла реки из меандрирующего (оптимальная форма русла для судоходства) в разветвлённое. Русло расширялось, в нём развивались многочисленные песчаные отмели и острова, отделённые от берегов протоками и рукавами. Такие изменения р. Вислы в дальнейшем стали проявляться на участке выше водохранилища Влоцлавек и, частично, ниже его на участке проявления глубинной эрозии. В результате Висла, считавшаяся в средневековье главной судоходной рекой Европы, со временем потеряла своё значение, уступая сухопутному транспорту. На снижение значения Вислы как водного пути отразилось применение паровых двигателей, которые увеличили осадку судов, что вместе с обмелением русла всё более затрудняло судоходство, ограничивая его небольшими (в зоне городов) отрезками. Всё это привело к тому, что во второй половине XX в. движение речных судов на Висле почти прекратилось. Вместе с тем потерял своё значение и Быдгошский канал, а с ним и город Быдгощ, развитие которого пошло в противоположную сторону от реки. Такой сценарий развития русла Вислы, продолжающегося уже почти три столетия, стал причиной почти полного исключения реки из числа водных путей. Это же касается многих европейских рек и их притоков.

Проблема восстановления водных путей. Восстановление водных путей понимается как обновление водной среды вместе с её окружением – экосистем, оказывающих взаимное разнообразное влияние, включая деятельность человека. Это относится к зонам рек и каналов, которые формировались долгое время для хозяйственных потребностей человека и являются элементом географической среды. Следует, таким образом, стремиться к возвращению водным путям их экономического и экологического значения, учитывая при этом развитие техники и нарастание антропогенного пресса.

Это означает, что восстановление как возвращение реки в естественное состояние невозможно, т.к. следовало бы полностью исключить из этой среды человека, относясь к нему как элементу маргинальному.

Есть ли возможность восстановления водных путей, в частности на городских участках? Существуют ли образцы для подражания и каков эффект работ, направленных на возвращение к жизни дна речных долин? На эти вопросы могут дать ответ примеры английской Темзы, французской Сены, австрийского Дуная, а также, фрагментарно, Быдгощского канала на фоне нижней Вислы.

В первых двух примерах западноевропейских рек невнимание к хозяйству на дне речных долин были значительно меньше, чем на востоке. Несмотря на то, что эти реки прошли такой же цикл развития, что и Висла, успешное и эффективное «исправление» непреднамеренного (сведение лесов, сельское хозяйство) воздействия человека на флювиальные системы сделало возможным продолжение их многовекового функционирования как водных путей. Дополнительно такому направлению развития рек и повышению их экономического значения способствовало правильное проведение работ по регулированию русел (не бетонирование!). Расположенные на этих реках города, как и на р. Рейне в Германии, были обращены к их руслам. Это обеспечивалось большой глубиной русел в условиях ограниченного транспорта влекомых наносов (песчано-гравийные отмели), регулированием гидрологического режима, гарантирующим «футы под килем». В последнее время наблюдается динамичное экономическое развитие прибрежных территорий. В Лондоне на Темзе строятся огромные выставочные комплексы и олимпийские спортивные объекты, так что река может теперь использоваться как транспортная артерия. Рекреационные объекты – песчаные пляжи – возникают и на берегах Сены. В ходе обновления побережья парки и насаждения растительности встраиваются в культурный ландшафт, окружающий среду. Зону Лондона вблизи Темзы можно разделить на три основных типа ландшафта по характеру и рациональности использования [Rapiska, 2008]: 1) зелёный путь Темзы – многочисленные достопримечательности; обрабатываемые поля, парки и сады с типичной английской зеленью; пешеходный маршрут т.н. Thames Path National Trail; многочисленные пристани, яхтклубы, гребные общества (королевские регаты, международные соревнования по гребле); 2) центр – зарегулированный участок, приспособленный для водного транспорта (пристани городского и туристического назначения) и рекреации; культурный ландшафт с многочисленными памятниками; пешеходные тропы, бульвары; отлично скомпонованная зелень парков и скверов; 3) жилой и промышленный с многочисленными шлюзами, плотинами и каналами, соединяющими Темзу с другими реками; остановки водных автобусов и судов.

Пример использования Темзы и территории вдоль неё свидетельствует о том, что флювиальная система в XXI в. может быть полностью использована в соответствии с устойчивым развитием. Применяется только эволюционное восстановление без явного вмешательства человека в при-

родную среду. Этот тип восстановления с наиболее радикальными землечерпательными работами в устье Брды [Babiński, Habel, Szumińska, 2008] можно применить на участке Быдгощского канала. На это указывают работы Городской урбанистической мастерской в Быдгощи, сотрудники которой согласно Программе восстановления и развития Быдгощского водного узла (BWW) с 2006 г. делят городской участок на три отрезка: 1) водоохранный (для водозабора в Чижковце), спортивный, туристический, рекреационный; 2) туристско-рекреационный, хозяйственный, спортивный; 3) спортивный, хозяйственный, водоохранный (перед заливом со стороны Вислы). Работы, направленные на возвращение прежнего значения Быдгощи путём освоения прибрежных территорий и землечерпания на канале, продолжаются уже много лет. Построены и модернизированы пристани, что позволяет осуществлять судоходство в летний период, обновляются парки и скверы. К сожалению, в настоящее время водный транспорт международного значения по Быдгощскому каналу невозможен из-за затруднений на Висле, тогда как городской отрезок Темзы судоходен вплоть до Северного моря.

В течение многих лет по мере системных преобразований рассматривается возможность возобновления (оживления) международного пути Е-40 и Е-70 (рис. 1) как дороги для водного туризма и одновременно важного местообитания птиц [NATURA, 2000], что несомненно повлияет на развитие Быдгощи как центра европейского водного пути. Возможно ли это и при каком варианте гидротехнического строительства, учитывающего восстановление среды в соответствии с устойчивым развитием? Примером решения этой проблемы может служить австрийский участок Дуная, в том числе отрезок в пределах Вены, который характеризовался таким же развитием русловых процессов, как и нижняя Висла.

Как следует из опыта австрийских гидротехников, сотрудничающих с учёными в области окружающей среды и экологии, быстрое и результативное восстановление дна долины Дуная на австрийском участке с учётом устойчивого развития достигнуто путём строительства каскада водохранилищ. Частным примером этого служит фрагмент долины, соседствующий с плотиной Грайфенштайн, расположенной выше Вены, а также недавно введенный в эксплуатацию гидроузел Фройденау, находящийся в пределах столицы Австрии [Das Donaukraftwerk..., 1996].

Дно долины Дуная, как нижней Вислы, в ходе работ, выполненных в XIX в., было дренировано и осушено, в результате чего почва и растительность сильно деградировали. Строительство гидроузла Грайфенштайн вместе с системой из 9 плотин позволило контролировать водооборот на территории осушенных прежде староречий и отторженных фрагментов русла. В депрессивной зоне за дамбами обвалования дополнительно построено 25 подпорных сооружений, и снижающих разницу в уровнях верхнего и нижнего бьефов водохранилища Грайфенштайн, а также поддерживающих соответствующий уровень грунтовых вод в долине [Żelazo i Ropek, 2002]. В зоне влияния плотин Грайфенштайн из отрезков новых каналов, соединяющих фрагменты старых естественных структур (рукавов реки, староречий,

понижений, озёр) был создан «водоток Гиссганг», не существовавший в естественных условиях. С водотоком соединён ряд меньших естественных и искусственных каналов. В итоге возникла обводнительная система, которая питается водой из водохранилища Грайфенштайн при помощи нескольких боковых водоводов. В результате действия системы средний годовой уровень грунтовых вод повысился на 1,5 м. Во время паводка через боковые водоводы проходит большое количество воды, что вызывает временный дополнительный рост уровня грунтовых вод на 1,0-2,5 м. Большая амплитуда изменений уровня грунтовых вод в течение года, а также общее изменение условий увлажнения в долине привели к интенсивному развитию влаголюбивой растительности, а это повлияло не только на улучшение природных свойств долины, но и на увеличение туристских и краеведческих качеств. Таким образом, выполнено частичное восстановление абиотической среды, в которую внедрилась влаголюбивая растительность вместе с сопутствующими представителями животного мира. Одной из важнейших целей мероприятий было создание пути для прохода рыбы, подобного естественному. Несмотря на полную смену флювиального процесса озёрным в водохранилище Грайфенштайн благодаря обводному каналу транспорт наносов не был прерван плотиной, и не возникло разрыва биологической среды.

Подобную роль играет построенный в 1987-1992 гг. на Дунае гидроузел Фройденау, подпирющий вышерасположенный гидроузел Грайфенштайн, с системой канала Мархфельд. Водосбор канала, как и вышерасположенного Гиссганга, представляет собой современное альтернативное решение проблемы строительства каскада гидроузлов для экономики потребностей без явного вмешательства в биологическую среду, но с возможностью восстановления дна долины [Babiński, 2002]. Следует добавить, что строительство каскада на Дунае явилось причиной того, что Австрия получила экологически чистую энергию из возобновляемого источника, а самому Дунаю вернулось его значение как водного пути. В частности, это относится к столице государства – Вене, которая восстановила свое значение времен творчества композитора И. Штрауса. В настоящее время благодаря рациональному гидротехническому строительству, реализованному в соответствии с требованиями охраны среды, всё население пользуется достоинствами природной среды, что способствует развитию туризма, рекреации, активного отдыха. Обновлённое русло и, особенно, пойма Дуная сделали возможным велосипедный туризм в Германию и Венгрию. Австрийский участок Дуная представляет собой образец многофункционального освоения дна долины, который до регулирования давал лишь удобные условия для жилищного строительства. Выполнено также восстановление водного пути и его обрамления, что дало новый взгляд на развитие территории города.

Заключение. Процесс восстановления водных путей касается как рек (каналов), так и прибрежных зон, прилегающих к ним. Его правильный ход должен быть согласован с правилами охраны природной среды и концепцией устойчивого развития. Особое значение в этом отношении приоб-

ретают участки рек в городах, которые на протяжении многих лет подвергались сильным изменениям. Эти комплексы поселений развивались в направлении, противоположном рекам – городские центры «отвернулись» от гидрологических объектов. Развивающиеся взаимно в историческое время объекты оказались в экономической изоляции, к сожалению вредной для водных путей, вытесненных сухопутным транспортом.

Многие европейские водные пути, несмотря на многовековое воздействие на них непреднамеренной деятельности человека, не подверглись деградации, сохранив своё экономическое значение. Постоянная забота о судоходности рек сделала возможным их существование даже в условиях экспансии сухопутных дорог. Расположенные на берегах города ориентированы в их сторону и развиваются в духе новых потребностей (транспорт, туризм и рекреация, спорт и выставки). Это относится, главным образом, к западноевропейским рекам – Темзе (Лондон), Сене (Париж), Рейну с комплексом германских городов и Москве на участке столицы России. Эти реки не требуют интенсивной восстановительной «терапии».

Для того, чтобы водные пути западной Европы и сохранившиеся в России (Волга) могли выполнять роль объединённых водных путей, должен пройти процесс восстановления деградированных рек и каналов центральной Европы с ведущим участком в Быдгощи (рис. 1). Благодаря этому город приобрёл бы другое значение, вновь «повернулся» бы к Быдгощскому каналу. Власти города в начале текущего века предприняли попытку восстановления нового пути, проведя землечерпание в канале и обновление зоны побережья, организовав городской транспорт – водный трамвай. Им последовали власти в г. Нотеци, где возникли пристани для лодок и яхт в Чарнкове, Дрезденке и Накле (Е-70). Эти, хотя и небольшие восстановительные мероприятия дают возможность развития туризма и судоходства на трассе до Берлина. К сожалению, в восточном направлении до сих пор существует препятствие в виде непроходимого участка нижней Вислы, составляющей фрагмент международного пути Е-40 и Е-70.

Восстановление водного пути на нижней Висле невозможно, если оставить его в теперешнем состоянии с применением небольших («косметических») работ в русле. Невозможно также достичь удовлетворительных результатов ремонтом полузапруд. Единственным представляется решение применить дунайский вариант: строительство водохранилищ с латеральным расположением обводных каналов [Babiński 1992, 2005]. Это не только даст возможность вернуть реке её значение как водного пути с наивысшими судоходными габаритами, но также приведёт к восстановлению деградировавших территорий за дамбами обвалования. Водный путь Е-40 и Е-70 объединил бы хорошо функционирующую речную систему западной Европы с системой рек России и Украины (рис. 1). Польский участок оказался бы в этом случае в центральной части водного пути. Кроме того, воды Вислы могли бы быть использованы в целях энергетики, ирригации, промышленности, сельского хозяйства, туризма и рекреации. Все эти мероприятия через некоторое время (около 10-12 лет приспособления территорий к новым

условиям окружающей среды) приведут к устойчивому развитию зоны восстановленного дна долины нижней Вислы, возвратят давний блеск городам на Висле, а также на водных путях её притоков. Это, в свою очередь, даёт новый взгляд на восстановление и освоение прибрежных территорий рек и расположенных на них городских центров.

ЛИТЕРАТУРА

Babiński Z. Współczesne procesy korytowe dolnej Wisły // *Prace Geograficzne*. 1992. № 157.

Babiński Z. Wpływ zapór na procesy korytowe rzek aluwialnych. Bydgoszcz. Wyd. Akademii Bydgoskiej. 2002.

Babiński Z. Renaturyzacja dna doliny dolnej Wisły metodami hydrotechnicznymi // *Przegląd Geograficzny*. 2005. № 77, 1.

Babiński Z., Habel M., Szumińska D. Mechanizmy i przyczyny zamulania koryta Kanału Bydgoskiego // *Rewitalizacja drogi wodnej Wisła-Odra szansą dla gospodarki regionu, Przyroda i Turystyka Regionu Pomorza i Kujaw*, Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego. Instytut Geografii UKW, Bydgoszcz. 2008.

Das Donaukraftwerk Freudenau und seine Rolle in der Wasserwirtschaft des Wiener Donaumaumes. Unterlagen zum Workshop, Verbundplan–Donaukraft Engineering. Wien. 1996.

European Agreement on Main Inland Waterways of international Importance AGN. United Nations. Genewa. 1996.

Rapicka E. Charakterystyka Bydgoskiego Węzła Wodnego i perspektywy rozwoju na tle rzeki Tamizy w odcinku Londynu. Bydgoszcz: (maszynopis pracy magisterskiej): UKW, 2008.

Solska M. Cieki wodne na obszarach przedmieść – innowacja czy powrót do tradycji? // *Czasop. Techn. Z.3A.* Wyd. Politechniki Krakowskiej. 2007.

Żelazo J., Popek Z. Podstawy renaturyzacji rzek. Warszawa: Wyd. SGGW. 2002.

В.А. Брылев

Волгоградский государственный социально-педагогический университет

ТИПЫ СКЛОНОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Великая русская река Волга на протяжении более половины своего пути прижимается к крутому берегу, создавая первозданную красоту в виде преимущественно покрытых лесом гор, ярусов рельефа, затяжных высоких, часто крутых склонов, уступов, обрывов, откосов курганов, обнажений. Особенно резко правосторонняя асимметрия долины Волги выражена в пределах Приволжской возвышенности. В створе Казань – Верхний Услон Волга резко поворачивает почти под прямым углом на юг и до Камского устья и южнее она «точит» пермские породы, в основном, известняки казанского яруса. Здесь абсолютные отметки возвышенности до 200 м.

Южнее Ульяновска высота Волжского правого берега уже достигает 250 м и более, несмотря на то, что прочные известняки перми погружаются и склон возвышенности сложен песчаниками, мергелями, глинами и песками юрской и меловой системы. Здесь на лицо обращенная морфоструктура Приволжской возвышенности – Ульяновско-Саратовская синеклиза [Карандеева, 1957; Мильков, 1953]. Здесь же рельеф становится ярусным, а склон распадается на 2-3 ступени. У Жигулевских гор Волга огибает крупнейшую валообразную структуру 2-го порядка – Жигулевский вал. Его основание сложено карбонатными породами верхнего палеозоя, а плато – мезозойскими отложениями. На траверсе г. Тольятти находятся максимальные отметки всей Приволжской возвышенности, достигающие 375 м. Но расположенные южнее и ниже по течению Хвалынские горы, хотя тектонически более опущенные, имеют высоту почти такую же – до 370 м, однако сложены они уже мезо-кайнозойскими отложениями. Таким образом, срезанные под один уровень структуры и есть часть огромного пенеплена Русской равнины, о котором упоминал ещё В. Девис. У подножия Хвалынских гор появляется новый геоморфологический элемент – нижнехвалынская абразионно-аккумулятивная терраса, береговая линия которой находится на абсолютной отметке +50 м, абразионная часть расположена в интервале высот +50 - +35 м, а гипсометрически ниже находится аккумулятивная часть. Терраса сложена слабо окатанной галькой, песком и очень характерными для Нижнего Поволжья «шоколадными» глинами.

У г. Саратова вновь появляются относительно древние мезозойские юрско-меловые пески, песчаники и глины с характерными аммонитами, раковины которых достигают несколько десятков сантиметров в диаметре. Здесь выделяют несколько ярусов рельефа: две террасы – нижнехвалынская и позднеплиоценовая (акчагыльская) абразионно-аккумулятивная (+100, +150 м), а также миоценовое денудационное плато [Пиотровский, 1945; Брылев, 2005], расположенное на отметке +200, +220 м, врезанное в олигоцен-миоценовую («исходную») поверхность (300-370 м).

Водоразделы и междуречья сложены палеоценовыми опоками, песками и песчаниками сызранского яруса и эоцена. Они заполняют Ульяновско-Саратовскую синеклизу, то есть обращённую морфоструктуру. Отметки этих междуречий – «венцов», «шишек», «гряд» составляют +300 -+320 м, но на северных дислокациях Доно-Медведицкого вала – до +358 м (Гусельско-Тетереватский кряж). Впрочем, он удалён от берега Волги на 30-40 км и, в отличие от Жигулей и Хвалынских гор, не образует непосредственно Волжского склона (откоса).

Как и когда образовалась Приволжская возвышенность? Судя по наличию олигоцен-миоценовых песков и песчаников полтавского яруса на водоразделах верхнего исходного плато в Волгоградской области [Брылев, 2005], сызранских и миоценовых отложений Горьковского Поволжья позволяют считать, что исходная поверхность Приволжской возвышенности выходила из под уровня моря на протяжении эоцена [Горелов, 1958] или же олигоцена-миоцена [Брылев, 2005]. В послеолигоценное время началась

деформация исходной поверхности в связи с новейшим формированием тектонических структур – Токмовского свода, Жигулёвского и Доно-Медведицкого вала, Саратовских, Борлинских и других дислокаций. В миоцене и среднем плиоцене происходило эрозионное расчленение исходной поверхности и заложилась Палео-Волга, вначале – её более древняя восточная Камско-Нижневолжская часть [Обедиентова, 1956; Брылев, Можерин и др., 2010], а в плейстоцене – Московско-Окская часть [Обедиентова, 1956; Фридман, Манаева, 2011]. Важно подчеркнуть, что «волжское древо» соединяет две синеклизы – Московскую и Прикаспийскую, подчиняясь флексурам и разломам – Горьковскому, Большому Волжскому сбросу, огибая валы – Вятский, Жигулёвский и размывая Саратовские дислокации. То есть, влияние тектонического фактора в обособлении Приволжской возвышенности налицо.

Ниже устья р. Свияги можно выделить следующие типы берегов Приволжской возвышенности в связи с геолого-геоморфологическими особенностями:

Моркваишко-Услонский тип, при котором профиль берегового откоса (склона) выпукло-прямолинейный. Здесь наивысшие отметки до 205 м характерны для Услонской возвышенности, что напротив Казани. Береговой довольно затяжной, с относительной высотой 150 м склон плавно и выпукло опускается к Куйбышевскому водохранилищу (рис. 1, А).

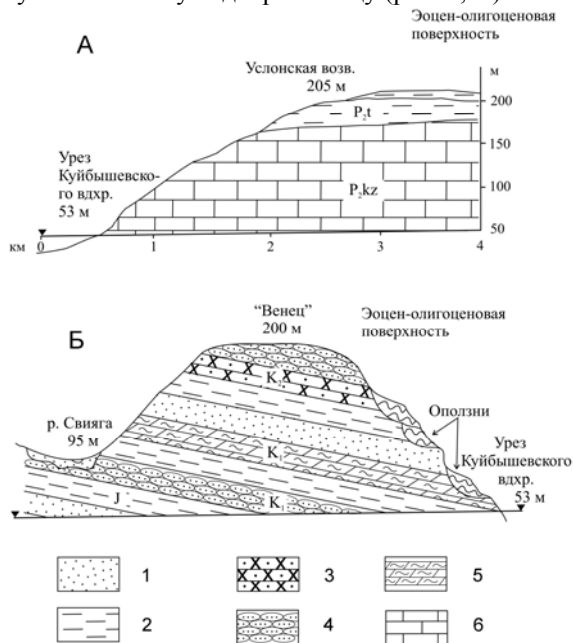


Рис. 1. Услонский (А) и Ульяновский (Симбирский) (Б) типы правого берега р. Волги: 1 – пески; 2 – глины; 3 – мел, мергели; 4 – песчаники; 5 – опоки; 6 – известняки.

Откос сложен в основном карбонатными породами казанского яруса пермской системы, а на водоразделе – татарскими мергелями и глинами. В данном месте Волга, поворачивая под прямым углом на юг, образовала характерное скругление долины и перепилила структуру Вятского вала. Выше и ниже по течению с. Верхнего Услона береговой откос довольно крутой и прямолинейный. Так, у с. Набережных Морквашей, Сюкеево и др., подрубленный абразионным уступом водохранилища, клиф имеет высоту до 10 м. Обычно в нём обнажены известняки; вдали от берега склон выщелачивается и всюду задернован – происходит смена литологического состава. До границы с Ульяновской областью Волга прижималась по простиранию к погружающемуся Вятскому валу, и в береговых откосах появились мезозойские отложения (рис. 1, А, Б).

На берегах Приволжской возвышенности А.В. Ступишин (устное сообщение) выделяет следующие типы берегов: высокие – с абсолютными отметками 170-200 м с разрезом пермских пород; низкие – с абсолютными отметками ниже 100 м; берега, сложенные суглинистыми породами, встречающиеся на правом берегу ограничено. В первых двух типах у уреза водохранилища выходят известняки с прослоями гипса и развитием карстовых процессов, что усиливает переработку склонов и создаёт их крутизну. В верхней части откосов характерны более пологие склоны, осложненные оползнями. А.В. Ступишин обращал внимание на то, что бичевник, пойма и низкие террасы утрачены, но развиваются оползневые и абразивные процессы, как следствие создания водохранилища.

2. Ульяновский (Симбирский) тип берега (рис. 1, Б). Ульяновск расположен на высокой гряде с абс. высотой около 200 м, сформированной Волгой и Свиягой. Ширина этой гряды всего 2-4 км, но образовавшие его реки текут в разные стороны, имея правостороннюю асимметрию. При этом долина р. Свияги течёт на север и находится на 50 м выше долины р. Волги. Художники братья Чернецовы в середине XIX в. описали свое восхождение на Симбирскую гору: «Гора, на которой находится Симбирск, очень высока, восходя на оную, мы не один раз должны были отдыхать» [Чернецовы, 1970].

Ундорские горы и Ульяновский Венец высотой до 238 м, образующие склон к Волге (Куйбышевскому водохранилищу) осложнён гигантскими оползнями, описанными в работе А.П. Павлова [1951]. Склон сложен практически всеми подразделениями меловой системы, в которых встречаются аммониты различной величины, вплоть до 1 м в диаметре, а один из этих видов назван «Симбирскитом». В основании Ундорских гор находятся тёмные юрские глины богатые аммонитами – стратотипический разрез.

3. Сенгилеевский тип берегового склона интересен тем, что здесь впервые чётко выражены ярусы рельефа, а высота возвышенности превысила 300 м всего в 3 км от Волги. Здесь кроме меловых отложений геологический разрез завершают палеоценовые и эоценовые опоково-песчано-глинистые породы, слагающие верхнее «исходное плато» Приволжской возвышенности, с абсолютными отметками до 326 м.

В районе Цемзавода «верхнее» и «нижнее» плато практически сливаются в непрерывный ступенчатый склон, тогда как севернее и южнее данного места хорошо выражено «нижнее плато» и «главный» уступ более чем 100-метровой относительной высоты, разделяющий две денудационные поверхности. При этом верхняя из них покрыта сосново-берёзовым лесом.

4. **Жигулёвский тип** берегового склона (рис. 2) достигает наибольшей относительной высоты почти 350 м и, как отметил Ф.Н. Мильков [1953], здесь рельеф низкогорный. В Жигулях Приволжская возвышенность достигает абсолютной высоты 375 м. Высшая точка всей возвышенности расположена всего в 2 км от берега Волги. Береговой склон выпуклый, крутой в нижней части и выполаживающийся к водоразделу. Склон сложен верхнекаменноугольными и пермскими известняками, а водораздельная часть – останцами юрских отложений. Характерна закарстованность известняков, глубокие буераки, слепые овраги и суходолы.

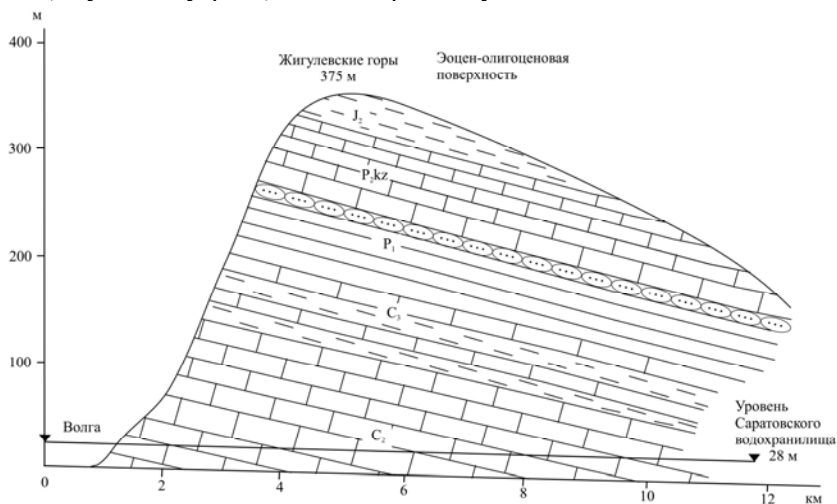


Рис. 2. Жигулёвский тип правого берега р. Волги.

5. **Хвалынско-Саратовский тип** близок к Сенгилеевскому. Склоны имеют относительную высоту более 300 м, ступенчатый профиль и выработаны в палеогеновых и меловых отложениях. Хорошо развита абразионно-аккумулятивная терраса раннехвалынского возраста; плиоценовая Акчагыльская терраса встречается фрагментарно. Наряду с яркостью также характерны оползни, котловины, буераки и овраги, глубокая эрозионная расчленённость. Системообразующим элементом является Лысая гора или Сары-Тау (от этого тюркизма произошло название города). Высота горы 285 м и сложена она в верхней части песчано-кремнистыми породами палеоцена, чей светлый и желтоватый цвет, проступающий через зелёную растительность, и обусловил её название. Под горой простирается Саратовская котловина (рис. 3), расчленённая оврагами и балками. На ровных площадках котловины в 1590 г. возник город.

Саратовская геоморфологическая депрессия – терраса, выработанная в меловых отложениях, которые выходят здесь благодаря саратовским дислокациям. Эта большая чаша (5х10 км) замыкается на севере Соколовой горой, на западе – Лысой, на юге – Увек горой, 100-метровые обрывы которых осложнены оползнями и прорезаны глубокими оврагами. Овраги центральной части города, как правило, засыпаны, и берег Волги имеет благоустроенную набережную, т.е. – спланированный техногенный рельеф.

6. Камышинско-Щербаковский тип склона Приволжской возвышенности характерен для крупных излучин Волги – Золотовской и Щербаковской, где отчётливо выражены 2-3 денудационных яруса рельефа и осложняющая подножье склона нижнехвалынская абразионно-аккумулятивная терраса. На отметках +60 - +50 м её отвесный, хотя и не очень высокий, обрыв, расположенный в самой южной части Саратовской области, известен как «Утёс Степана Разина», ограниченный с юга глубоким буераком «Стенькина тюрьма». Здесь пласт мела туронского яруса залегает на сеноманских песках, которые, являясь «слабой толщей», легко размываются, создавая неприступный утёс. На этой террасе, согласно археологическим данным, находился сторожевой пункт или лагерь атамана. Ещё в XIX в. художники Н. и Г. Чернецовы находили здесь монеты, пуговицы, следы земляного вала, но ныне ничего не напоминает о пребывании здесь легендарного атамана. Аналогичные утёсы с относительной высотой 80-160 м осложняют нижнее и среднее плато. Это знаменитые Столбичи и Дурман-гора. В последнем случае характерны оползни, однако на обоих упомянутых выступках нижнехвалынской террасы нет, вероятно, они были срезаны Волгой в послехвалынское время.

7. Балыклейско-Волгоградский тип склона (рис. 4) Приволжской возвышенности. Южнее г. Камышина исчезает ярусный рельеф, отметки водоразделов снижаются до +160 - +130 м, что объясняется общим погружением пластов, наличием сбросов, осложняющих Приволжскую моноклинал. Последняя, в свою очередь, была вовлечена в опускание Прикаспийской впадины. Берег Волги (водохранилище) от Щербаковского сброса и до г. Волгограда сложен опоками, песками, глинами и песчаниками палеогена, в отложения которого врезаны миоценовые и плиоценовые пески палео-рек – «Гуровской» (миоцен) и плиоценовой «Ергенинской». В связи с указанными структурно-литологическими условиями рельеф холмисто-увалистый, склоны более выположенные, выпуклые, но на подмываемых излучинах достигают относительной высоты до 80 м и почти отвесны. На рисунке 4 приведён характерный профиль этого типа берега и склона на примере центральной части Волгограда. К происхождению названия легендарного Мамаева Кургана имеет отношение только то, что в XIII в., как гласят легенды, здесь был наблюдательный пункт, когда войско Мамая переправлялось через Волгу в поход на Русь. Курган имеет естественную природу, что видно на приведённом профиле. Его цоколь – подрубленный абразией раннехвалынского моря склон Приволжской возвышенности. Геологически курган слагают: песчано-алевритовая толща пролейской свиты эоцена, киевские

светлые мергели эоцена, тёмные глины майкопской серии олигоцена, в которых развиваются оползни, и светлые пески плиоцена (ергенинская свита).



Рис. 3. Саратовский тип правого берега р. Волги.

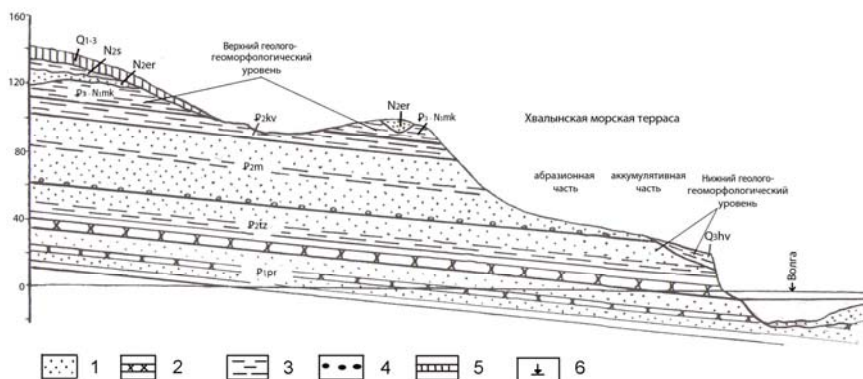


Рис. 4. Геолого-геоморфологический разрез центральной части Волгограда: 1 – пески; 2 – песчаники; 3 – глины; 4 – галька; 5 – чехол из четвертичных отложений; 6 – урез воды.

Мамаев Курган в плане имеет подковообразную форму. С юга его ограничивает овражно-балочная система «Долгий-Крутой», с севера – глу-

бокая, ветвящаяся система балки Банной. Овраги и балки древние – дохвалынские, и воды раннехвалынской трансгрессии вошли в них, подрезав склон и вызвав образование древних оползней. В послехвалынское время овраги врезались на относительную глубину 50-60 м. Кстати, во время Сталинградской битвы писатель-фронтовик Виктор Некрасов описал как по этим оврагам шла позиционная война в тяжёлые дни Сталинградского противостояния.

Таким образом, склоны Приволжской возвышенности формировались на протяжении плейстоцена в перигляциальных условиях, а южнее Жигулей – в условиях абразионной деятельности морей Палео-Каспия.

Морфология склонов зависит от литолого-структурных условий. В случае подстилания слабой толщи ей относительно прочного пласта формируются крутые, почти отвесные склоны (например Утёс Степана Разина), где под мелом туронского яруса залегают пески альб-сеномана, а под опоками палеоцена (относительно стойкий пласт) залегают глины маастрихта, в результате чего возникли почти 100-метровые обрывы Столбичей. В случае подстилания глин татарского яруса известняками казанского яруса образуются обширные кулуары эрозионных систем. Наиболее «крутые» выпуклые склоны сформировались на карбонатных породах палеозоя в Жигулях, а «затяжные» склоны характерны для Услонских гор.

В настоящее время практически всюду, кроме зон выклинивания Саратовского, Куйбышевского, Волгоградского водохранилищ, выработаны современные абразионные клифы и террасы. С постройкой каскада Волжских ГЭС активизировались оползневые процессы и проседания грунта во многих районах Среднего и Нижнего Поволжья. Устья правобережных притоков Волги превратились в заливы (Свияга, Сызрань, Терешка, Камышинка, Балыклейка и др.), при этом в устьях балок и буераков сформировались речные «фиорды». Но многие второстепенные заливы были пересыпаны и отшнурованы, порой отгорожены дамбами от водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

Брылев В.А., Мозжерин В.В., Панин А.В., Сидорчук А.В. Палеопотамология речной системы Волги // Эрозионные и русловые процессы. Вып. 5. М.: МАКСПресс. 2010.

Брылев В.А. Эволюционная геоморфология юго-востока Русской равнины. Волгоград: Перемена. 2005.

Горелов С.К. Геоморфология и новейшая тектоника Правобережья Нижней Волги // Труды ин-та географии АН СССР. Вып. 19. 1957.

Карандеева М.В. Геоморфология европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ. 1957.

Мильков Ф.Н. Среднее Поволжье: Физико-географическое описание. М.: Изд-во АН СССР. 1953.

Обедиентова Г.В. Доакчагыльское русло Волги // Изв. АН СССР. Сер. географич. 1956. № 6.

Павлов А.П. Оползни Симбирского и Саратовского Поволжья // Статьи по геоморфологии, по вопросам генезиса материковых образований и по прикладной геологии. М.: Изд-во МОИП. 1951.

Пиотровский М.В. К изучению основных черт рельефа Нижнего Поволжья // Изв. АН СССР. Серия геогр. и геофиз. 1945. № 2.

Фридман Б.И., Манаева Н.В. Ландшафтно-геоморфологическая характеристика оползневых ландшафтов Окско-Волжского Нижегородского откоса // Геоморфология. № 3. 2011.

Чернецовы Г.Г. и Н.Г. Путешествие по Волге. М.: Мысль. 1970.

А.М. Гареев¹, В.С. Горячев²

1 – Башкирский государственный университет, 2 – Отдел водных ресурсов Камского БВУ

ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕК РАЗЛИЧНОЙ КАТЕГОРИИ

Для второй половины XX в. и начала XXI в. характерно то, что существенные изменения состояния пойменно-русловых комплексов происходят как в условиях влияния факторов, оказывающих на них непосредственное воздействие, так и в зависимости от темпов и масштабов деградации природной среды на водосборе. Основные закономерности, отражающие активизацию развития эрозионных процессов на водосборе и русловых процессов на малых реках были изучены в ходе проведения исследований на стационарах, расположенных в пределах речных бассейнов горно-лесной зоны Южного Урала, а также лесостепной зоны Предуралья. Основные результаты исследований нашли отражение во многих опубликованных работах [Гареев, 2005, 2010; Гареев, Хабибуллин, 2010], которые свидетельствуют о том, что в условиях продолжительной деградации природной среды на водосборах рек происходит трансформация склонового, а затем и речного стока, выражающаяся в виде нарастания максимальных расходов воды. И, соответственно, усиливающее разрушение почвогрунтов. Как свидетельствуют материалы исследований, по малым рекам это распространяется до водотоков 2-3 порядка (по нисходящей классификации). Для рек с более значимыми площадями водосборов такую закономерность отчётливо выявлять не удастся в связи с наложением большой совокупности разнофакторных процессов.

С точки зрения решения тех или иных хозяйственно-экономических задач и оценки их влияния на гидролого-экологические условия в паводково-пойменных комплексах большой интерес представляет изучение русло-пойменных процессов, происходящих на средних и больших реках. В числе фундаментальных работ, раскрывающих закономерности формирования, активизации развития русловых и русло-пойменных процессов, прежде все-

го, следует привести публикации Р.С. Чалова [1979....2011]; Н.Б. Барышникова и Е.А. Самусевой [1999]; К.М. Берковича и др. [2001], в которых представлен всесторонний анализ общих закономерностей формирования русловых процессов в условиях влияния на них как естественных, так и антропогенных факторов.

Наблюдения, проведённые нами, свидетельствуют о том, что в зависимости от приуроченности антропогенных факторов к рекам различной категории деформации пойменно-русловых комплексов происходят по-разному. На примере двух ключевых участков, расположенных в верхнем течении р. Урала и среднем течении р. Белой, можно обнаружить различия в масштабах антропогенных изменений.

Так в верховьях бассейна р. Урала антропогенные факторы обусловлены изъятием песчано-гравийной смеси из пойменных земель выше д. Уразово. Характерной особенностью их использования в градостроительном деле в г. Учалы является то, что в условиях повсеместного распространения коренных пород месторождение ПГС в пределах указанного участка является единственным источником изъятия необходимого количества инертного материала. В результате техногенного воздействия к настоящему времени образовалась сеть карьеров, заполняющихся во время весеннего половодья водами р. Урала (рис. 1). Растительные сообщества, в т.ч. и дернина местами уничтожены. Общая площадь деградированных пойменно-русловых комплексов составляет около 400 га. При этом добычей ПГС полностью и частично затронуты паводково-пойменные комплексы левобережья и прилегающие территории склона долины. С правой стороны площадь нарушенных земель меньше. Однако здесь располагается пересохшее русло. Сток реки происходит по новому руслу, соединяющему по прямой искусственные водоёмы, образовавшиеся в карьерах.

Таким образом, следует констатировать, что в результате влияния хозяйственной деятельности на данном участке произошло коренное перестроение русла р. Урала и её паводково-пойменных комплексов с обеих сторон. Негативные последствия указанных процессов проявляются в виде повышения мутности речных вод, цветения воды в отдельных замкнутых водоёмах в засушливое время летом, что в целом привело к резкому ухудшению ландшафтоформирующей, эстетической и экологической значимости реки и её паводково-пойменных комплексов.

По сравнению с малыми водостоками на больших реках, на первый взгляд, масштабы нарушенных территорий занимают относительно небольшие удельные площади. Однако в условиях интенсивной добычи ПГС в целях их использования при решении различных задач в крупном промышленном узле, масштабы и последствия негативных изменений также оказываются существенными. Например, как показано на рис. 2, в пределах среднего участка р. Белой в пределах г. Уфы, в течении последних десятилетий так же произошло интенсивное расширение площадей нарушенных территорий в пределах паводково-пойменных комплексов.

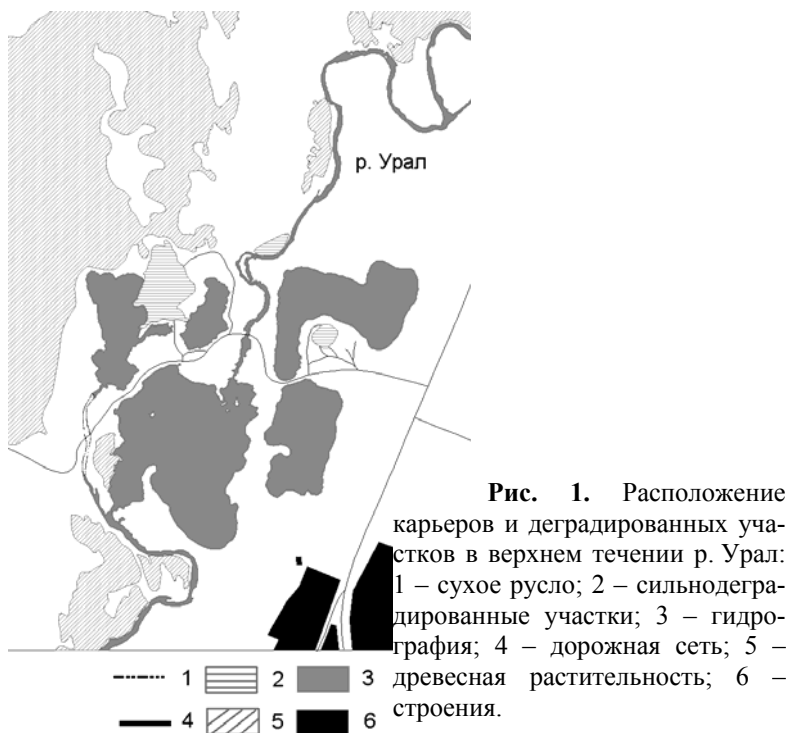


Рис. 2. Расположение карьеров и деградированных участков в пределах среднего течения р. Белой у г. Уфа: 1 – реки и озёра; 2 – сильнодеградированные участки; 3 – грунтовые дороги; 4 – трасса М5; 5 – строения и сооружения; 6 – лесная растительность.

Так, только на небольшой площади пойменных земель образовалось более 1100 га нарушенных земель, которые заняты карьерами, отвалами, искусственными озёрами, перемычками и т.д. Эти нарушения сопровож-

ждаются тенденцией постепенного врезания русла р. Белой [Беркович и др., 2001], что приводит к совокупности негативных изменений в пойменно-русловых комплексах в целом. Обнаруживается постепенное снижение уровня грунтовых вод, изменение видового состава растительности с признаками нарушения устойчивости природных комплексов в целом.

Известно, что места добычи ПГС расширяются ускоренными темпами. Как видно из рис. 3, они рассредоточены по р. Белой на всём её протяжении в пределах среднего и нижнего течения.

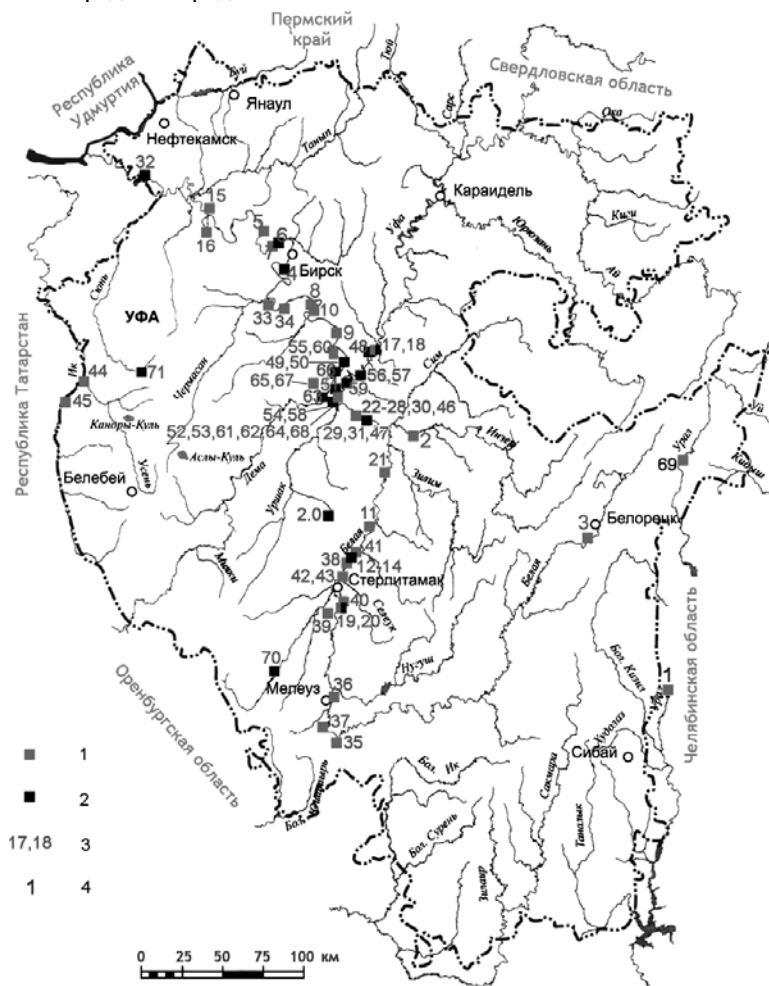


Рис. 3. Расположение карьеров ПГС, находящихся в водоохраной зоне водных объектов Башкортостана. Месторождения: 1 – с действующим сроком лицензии; 2 – с истекшим сроком лицензии; 3 – бассейна р. Белой; 4 – бассейна р. Урала.

По данным Отдела водных ресурсов Камского БВУ государственным балансом запасов по состоянию на 18.10.2010 г. учтено 71 месторождение и участки недр по добыче ПГС. В тоже время площади, занятые ими, а также радиус влияния их на состояние пойменно- русловых комплексов неизвестны. Отсутствие фактов изучения проблем, возникающих при этом, не позволяет в целом определять масштабы негативных экономических и экологических изменений с учётом пространственной приуроченности и особенностей функционирования природно-территориальных комплексов.

С учётом изложенного следует указать на то, что освоение пойменно-русловых комплексов в целях добычи строительных материалов приводит к нарушениям гидролого-экологических показателей как на локальном, так и региональном уровнях. Это обуславливает необходимость срочного принятия мер по предотвращению дальнейших негативных изменений в речных системах различной категории.

ЛИТЕРАТУРА

Барышников Н.Б., Самусева Е.А. Антропогенное воздействие на саморегулирующуюся систему бассейн – речной поток – русло. СПб: РГГМУ. 1999.

Беркович К.М. Географический анализ антропогенных изменений русловых процессов. М.:ГЕОС. 2001.

Беркович К.М., Злотина Н.В., Турыкин Л.А. Антропогенные деформации русла р. Белая // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 13. М.: Изд-во МГУ. 2001.

Гареев А.М. Пространственная и временная изменчивость речного стока под влиянием естественных и антропогенных факторов // Межвузовский сборник научных трудов. Уфа: РИЦ БашГУ. 2005.

Гареев А.М. Антропогенная составляющая русловых деформаций и ее хозяйственно-экономические последствия // XXV Межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Астрахань. Изд-во «Астраханский университет». 2010.

Гареев А.М. Хабибуллин И.Л. Естественные и антропогенные факторы активизации развития эрозионных процессов. Уфа: РИЦ БашГУ. 2010.

Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1979.

Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Том 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2007.

Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Том 2. Морфодинамика речных русел. М.: Изд-во «Красанд». 2011.

**АНТРОПОГЕННОЕ УСИЛЕНИЕ БАССЕЙНОВОЙ
СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СТОКА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ
РАВНИННЫХ РЕК СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ***

Впервые вопрос о расчленении стока наносов на русловую и бассейновую составляющие поставил Б.В. Поляков [1946]. Им же был предложен метод расчленения, основанный на анализе хронологического графика мутности аналогично генетическому расчленению гидрографа водного стока. К русловой составляющей стока взвешенных наносов относится мутность за весь меженный период, исключая половодье и дождевые паводки, мутность которых срезается на графике и считается бассейновой. Метод Б.В. Полякова был значительно усовершенствован в работе О.В. Щегловой [1984].

Основная сложность применения метода заключается в построении детального временного графика мутности за достаточно большое количество лет и неопределённостью линии срезки мутности во время подъёмов воды. Применяемый в большинстве случаев вариант соединения прямой линией значений мутности до и после подъёма воды автоматически подразумевает неизменность величины русловых размывов, хотя хорошо известно [Маккавеев, Чалов, 1986], что при прохождении больших расходов происходят наиболее интенсивные переформирования русел рек. Таким образом, русловой размыв, оцениваемый по величине мутности, заведомо оказывается заниженным, а доля бассейновых продуктов – завышенной. Сущность способа принципиально не изменится, если подобное расчленение проводить по хронологическому графику расхода взвешенных наносов, поскольку значения расходов наносов связаны функциональной зависимостью с мутностью речных вод.

В развитие идей Б.В. Полякова и О.В. Щегловой А.П. Дедковым и В.И. Мозжериным [1984] был разработан новый метод приближённой количественной оценки величины русловой эрозии, основанный на анализе зависимости стока взвешенных наносов от меженных расходов воды в разные по меженной водности годы. Между меженными расходами воды и наносов существует тесная корреляционная связь, близкая к прямолинейной. По уравнению регрессии, связывающему меженные расходы воды и наносов, можно определить тот расход наносов, который соответствует известному среднегодовому расходу воды и обусловлен лишь эрозией в русле реки. Вычитая расход взвешенных наносов руслового происхождения из его общей годовой величины, можно найти расход наносов, характеризующий эрозию талых и дождевых вод в речном бассейне [Мозжерин, 1994; Мозжерин, Курбанова, 2004].

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проекты № 11-05-00489 и 11-05-00605).

Этот способ менее трудоёмок по сравнению с предыдущим, но также далёк от совершенства, поскольку происходит экстраполяция связи между меженными расходами воды и наносов до среднегодовых значений без учёта её нелинейности [Маккавеев, 1955]. Очевидно, что наиболее точные результаты этот метод будет обеспечивать в лесной зоне, где среднегодовые расходы воды ненамного превосходят самые высокие срочные или суточные расходы межени. В других природных зонах с повышением внутригодовой неравномерности жидкого стока надёжность определения русловой эрозии снижается. Кроме того, этим методом не удастся учесть возрастание размывающей способности потока в половодье, поскольку допускается, что связи между расходами воды и наносов, установленные для межени, действуют в течение всего года. Следовательно, доля русловых продуктов оказывается систематически заниженной [Мозжерин, 1994].

Для оценки увеличения бассейновой составляющей в стоке взвешенных наносов равнинных рек Северной Евразии нами первоначально были определены соотношения русловой и бассейновой составляющих в антропогенно ненарушенных речных бассейнах. Для этой цели выбраны 43 реки, располагающиеся в различных природных (ландшафтных) зонах равнин бывшего СССР, территория которого обеспечена опубликованными материалами непосредственных наблюдений за стоком воды и стоком наносов на гидрологических постах и станциях (табл. 1).

Таблица 1. Распределение антропогенно ненарушенных речных бассейнов и стока взвешенных наносов рек по природным зонам, по которым проводилось расчленение

Природная зона	N	t , лет	S , тыс. км ²	H , м	Q_1 , л/с·км ²	R_1 , т/км ² ·год
Тундра и лесотундра	2	$\frac{10}{7-12}$	$\frac{1,24}{1,00-1,48}$	$\frac{390}{370-410}$	$\frac{9,5}{4,0-15,0}$	$\frac{18,0}{4,1-32,0}$
Тайга	19	$\frac{12}{5-33}$	$\frac{4,61}{1,17-8,87}$	$\frac{363}{100-770}$	$\frac{7,0}{1,7-18,0}$	$\frac{8,9}{0,4-51,0}$
Широколиственный лес	2	$\frac{12}{10-13}$	$\frac{3,92}{1,60-6,25}$	160	$\frac{4,2}{3,2-5,3}$	$\frac{3,2}{2,9-3,5}$
Лесостепь	2	$\frac{10}{8-11}$	$\frac{5,18}{3,91-6,44}$	140	$\frac{0,9}{0,8-1,0}$	$\frac{1,0}{0,9-1,2}$
Степь	1	21	1,75	395	1,6	9,1
Полупустыня умеренного пояса	17	$\frac{13}{5-24}$	$\frac{4,10}{1,04-9,86}$	$\frac{633}{80-964}$	$\frac{0,8}{0,1-1,4}$	$\frac{2,9}{0,6-5,8}$

Примечание. N – количество пунктов наблюдения, T – период наблюдения за стоком наносов, S – площадь бассейна, H – средняя высота бассейна, Q_1 – модуль стока воды в антропогенно ненарушенных бассейнах, R_1 – то же стока взвешенных наносов. В числителе дроби – средние значения, первое число знаменателя дроби – минимальное значение, второе число знаменателя дроби – максимальное значение.

Главными критериями для их выбора послужили несколько факторов. Во-первых, для анализа были привлечены средние реки, площадь бассейна которых находится в интервале одной – десяти тысяч квадратных километров. В настоящее время можно считать доказанным, что именно средние реки наилучшим образом передают зональные особенности, тогда как малые реки (с площадью менее 1000 км²) слишком чувствительны к местным факторам (составу пород, орографии, микроклимату и ландшафтным особенностям), а крупные реки, бассейны которых располагаются в нескольких природных зонах, нивелируют зональные особенности [Сток наносов..., 1977].

Второй фактор, на основе которого проводился отбор рек – степень изменённости поверхности водосбора хозяйственной деятельностью, в первую очередь агрикультурной. Для анализа оставлены лишь те реки, в бассейне которых не менее, чем на 70% площади сохранились природные ландшафты (1 категория освоённости, по А.П. Дедкову и В.И. Мозжерину [1984]). Наконец, дополнительными ограничивающими условиями стали продолжительность наблюдения (оставлены лишь реки, обеспеченные не менее чем пятилетними наблюдениями) и равнинный рельеф их водосборов.

Привлечённые к анализу реки распределены по природным зонам очень неравномерно: наибольшее их количество приходится на тайгу и полупустыни умеренного пояса, территории которых слабо изменены деятельностью человека. Зоны широколиственных лесов, степи и лесостепи, территории которых имеют долгую историю сельскохозяйственного освоения, обеспечены значительно меньшим числом рек, бассейны которых удовлетворяют приведённым выше условиям.

Результаты расчленения стока взвешенных наносов рек, протекающих в неизмененных человеком условиях, представлены в таблице 2. Выделение доли русловой и бассейновой составляющих проводилось обоими основными методами – расчленением гидрографа среднемесячных значений стока взвешенных наносов и экстраполяцией связи между меженными среднемесячными значениями стока воды и стока наносов до среднегодовых значений стока воды. Поскольку оба метода являются равноценными по точности, за окончательную величину доли русловой и бассейновой составляющих принята средняя величина. Как видно, оба метода дают в целом сопоставимые результаты (коэффициент прямолинейной корреляции равен 0,91), при этом в первом методе интервал изменения значений ω_1 оказывается уже (рис. 1).

Несовпадение оценок связано, прежде всего, с ограниченностью исходной выборки. Так, для степной зоны, представленной всего лишь одним бассейном, разброс значений составил почти 50% от средней величины (доверительный интервал 95%-й вероятности безошибочного прогноза охватывает диапазон значений 0-90%), а сама доля бассейновой составляющей оказалась сравнима с полупустыней (табл. 2). Из таблицы видно, что наибольшую роль в формировании стока наносов русловые размывы играют в лесной зоне (средние значения 66-76% объёма стока наносов). Сомкнутый

растительный покров этих зон, препятствует любым проявлениям механической денудации на речных водосборах, являющихся в этом смысле эрозионно малопродуктивными. К северу и к югу от лесной зоны по мере сокращения площади древесной растительности доля продуктов бассейновой денудации возрастает, достигая максимума в зоне полупустынь, где их доля в стоке наносов (более 80%) в 3 раза выше, чем в лесных ландшафтах.

В антропогенно освоенных бассейнах исходные природные зависимости претерпевают серьёзные нарушения. Антропогенная (в первую очередь агрикультурная) деятельность модифицирует природные спектры экзогенных процессов, многократно усиливает процессы денудации на поверхности речных бассейнов и смещает соотношение русловых и бассейновых продуктов стока взвешенных наносов в пользу бассейновой эрозии. Для количественной оценки увеличения доли бассейновой составляющей нами выбраны речные бассейны площадью от 1 до 10 тыс. км² различной освоенности, располагающиеся на равнинах Северной Евразии, по которым имеются наблюдения за стоком взвешенных наносов продолжительностью не менее 5 лет.

Таблица 2. Доля русловой составляющей стока взвешенных наносов в речных бассейнах слабоизменённых человеком различных природных зон равнин Северной Евразии

Природная зона	1 метод		2 метод		Среднее значение ω_1 , %
	N	ω_1 , %	N	ω_1 , %	
Тундра и лесотундра	2	$\frac{36}{30-41}$	2	$\frac{41}{30-52}$	38 ± 15
Тайга	14	$\frac{61}{51-85}$	14	$\frac{72}{50-100}$	66 ± 6
Широколиственный лес	2	$\frac{76}{74-77}$	2	$\frac{76}{66-86}$	76 ± 11
Лесостепь	2	$\frac{42}{34-51}$	2	$\frac{26}{21-32}$	34 ± 17
Степь	1	19	1	46	32 ± 58
Полупустыня умеренного пояса	17	$\frac{19}{8-26}$	8	$\frac{11}{0-23}$	16 ± 3

Примечание. 1 метод – расчленение гидрографа стока взвешенных наносов; 2 метод – экстраполяция связи между меженными расходами воды и взвешенных наносов до годового стока воды; ω_1 – доля русловой составляющей стока взвешенных наносов в природных (неосвоенных и слабоосвоенных) бассейнах. В числителе дроби – средние значения, первое число знаменателя дроби – минимальное значение, второе число знаменателя дроби – максимальное значение. В последней графе после знака « \pm » – доверительный 95%-й интервал безошибочного прогноза средней величины.

По степени антропогенной (сельскохозяйственной) освоенности природных ландшафтов все бассейны можно разделить на 3 категории [Дедков, Мозжерин, 1984]. Категория 1 объединяет неосвоенные и слабоосвоенные бассейны, распаханность которых составляет менее 30%, а оста-

точная лесистость в лесных ландшафтах – более 70%. Категория 2 охватывает бассейны средней освоенности (распаханность и залесённость меняются от 30 до 70%). В 3 категорию попадают сильноосвоенные бассейны, в которых распаханность и остаточная залесённость составляют более 70% и менее 30% соответственно.

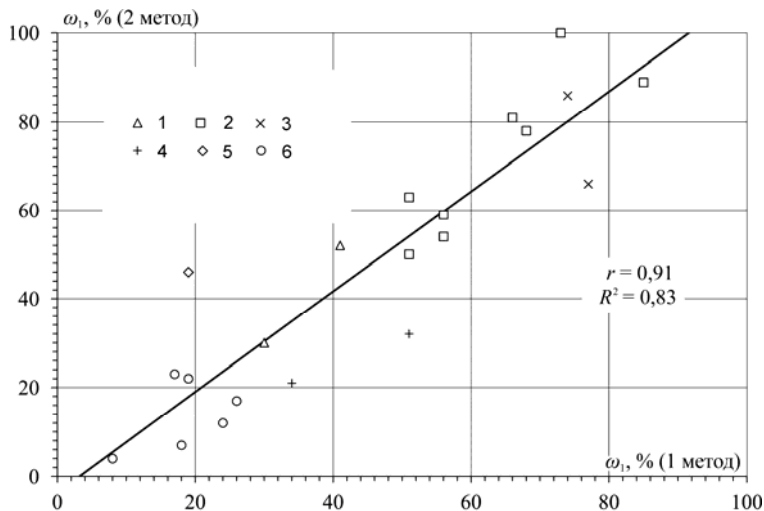


Рис. 1. График корреляции между значениями доли продуктов русловых размывов в естественных условиях природных зон равнин, рассчитанными расчленением графиков мутности (1 метод) и экстраполяцией связи между меженными значениями стока воды и наносов до годовых величин стока воды (2 метод): r – коэффициент прямолинейной корреляции, R^2 – коэффициент достоверности аппроксимации; 1 – тундра и лесотундра, 2 – тайга, 3 – широколиственный лес, 4 – лесостепь, 5 – степь, 6 – полупустыня умеренного пояса.

Для оценки усиления доли бассейновой составляющей в стоке взвешенных наносов рек, бассейны которых в разной степени изменены человеком, мы исходили из двух предпосылок (допущений). Во-первых, между долей русловых продуктов и общей величиной стока наносов устанавливается обратная гиперболическая зависимость (рис. 2): при относительно малых модулях стока наносов доля русловых продуктов может быть самой различной, но при большом стоке наносов эта доля резко снижается [Мозжерин, 1994; Мозжерин, Курбанова, 2004]. Иными словами, скольконибудь заметное возрастание величины стока наносов, происходящее при смене природных зон и повышении категории антропогенной освоенности, осуществляется главным образом за счёт усиления бассейновой компоненты. Следовательно, весь прирост в величине стока взвешенных наносов в освоенных бассейнах можно в первом приближении полностью соотнести с бассейновой составляющей.

Вторая предпосылка основана на существовании прямой связи между модулями стока воды и модулями стока наносов в русловых системах эрозии [Дедков и др., 2001, 2008]: возрастанию значений модуля водного стока на равнинах соответствует повышение модулей стока наносов пропорционально квадрату расходов воды [Маккавеев, 1955].

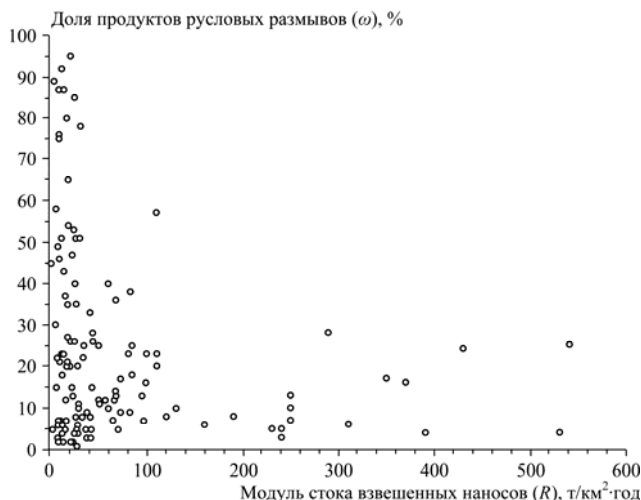


Рис. 2. Связь доли продуктов русловой эрозии с общей величиной стока взвешенных наносов в различных природных зонах равнин Земли (по В.И. Можжерину [1984]).

Таким образом, для известных значений модуля стока воды Q всегда можно прогнозировать тот объём стока наносов, который формируется за счёт одних лишь русловых размывов R' :

$$R' = \left(\frac{Q}{Q_1} \right)^2 \cdot R'_1, \quad (1)$$

где Q_1 и R'_1 – модуль стока воды и модуль стока взвешенных наносов соответственно в антропогенно ненарушенных бассейнах. Величина R'_1 может быть получена из:

$$R'_1 = \omega_1 R_1 \quad (2)$$

Отсюда легко вычислить долю русловой составляющей в речных бассейнах любой категории освоённости ω :

$$\omega = \frac{R'}{R}, \quad (3)$$

где R – модуль стока взвешенных наносов в освоённых бассейнах (остальные обозначения пояснены выше). Переход от модульных коэффициентов к

абсолютным показателям (например, мутности речных вод, расходу или объёму наносов) не меняет полученного результата.

Указанный способ является приблизительным; для более точной оценки необходимо расчленение гидрографов мутности (стока взвешенных наносов) или экстраполяция связи между меженными расходами воды и наносов (как это было сделано для природных бассейнов) для всех бассейнов, а не только для антропогенно ненарушенных. Однако эта задача на данный момент представляется сложной ввиду многочисленности самих бассейнов. Вместе с тем, принимая во внимание приблизительность самих методов выделения русловой и бассейновой составляющей, использование уравнения (3) даёт результаты, вполне сопоставимые с ними по точности (табл. 3).

Из таблицы видно, что увеличение сельскохозяйственной освоенности поверхности речных бассейнов приводит к неуклонному росту как общей величины стока взвешенных наносов, так и доли бассейновой составляющей в нём. Особенно интенсивные сокращения доли русловой составляющей ω (20-30-кратные) при переходе от 1 к 3 категории освоенности наблюдаются в лесных ландшафтах. Менее масштабны, но всё также заметны (1,5-2,5-кратные) сокращения той же доли в безлесных природных зонах.

Таблица 3. Доля русловой составляющей стока взвешенных наносов в речных бассейнах равнин Северной Евразии различной категории освоенности и ландшафтной принадлежности

Природная зона	A	N	Q , л/с·км ²	R , т/км ² ·год	R' , т/км ² ·год	ω , %
Тундра и лесотундра	1	3	10,7	12,8	7,7	68
Тайга	1	65	7,5	6,4	6,3	100
	2	58	6,3	8,5	5,3	56
	3	16	5,5	66,0	4,4	5
Широколиственный лес	1	2	4,2	3,2	2,4	75
	2	21	6,0	14,1	3,5	35
	3	55	5,0	138,8	2,9	2
Лесостепь	1	2	0,9	1,0	0,3	30
	2	15	3,2	14,3	1,2	30
	3	18	3,5	41,2	1,3	12
Степь	1	1	1,6	9,1	2,9	31
	2	28	1,7	18,1	3,1	18
	3	41	2,0	25,5	3,6	18
Полупустыня умеренного пояса	1	20	0,7	2,7	0,4	14
	2	5	1,3	8,7	0,8	14

Примечание. A – категория антропогенной (агрикультурной) освоенности речных бассейнов по А.П. Дедкову и В.И. Мозжерину [1984]; N – число бассейнов, Q – среднее значение модуля стока воды, R – то же стока взвешенных наносов, R' – то же стока взвешенных наносов руслового происхождения, полученное из уравнения (1), ω – средняя доля продуктов руслового происхождения в общей величине стока наносов (уравнение (3)).

Фактическое преувеличение доли бассейновой составляющей в речных бассейнах равнин Северной Евразии по сравнению с бассейнами

1 категории целиком определяются средней категорией освоенности природных зон (табл. 4). Наименьшей агрикультурной освоенностью обладает зона тундр и лесотундр (средняя категория освоенности бассейнов этой зоны составляет 1,0).

Таблица 4. Соотношение осреднённых по природным зонам доли русловой и бассейновой составляющих в речных бассейнах равнин Северной Евразии

Природная зона	N	A	Q , л/с·км ²	R , т/км ² ·год	ω , %	$\frac{(100 - \omega)}{100}$, %	$\frac{(100 - \omega)}{(100 - \omega_1)}$
Тундра и лесотундра	3	1,0	10,7	12,8	68	32	0,52
Тайга	139	1,6	6,7	14,1	71	29	0,85
Широколиственный лес	78	2,7	5,2	101,8	13	87	3,62
Лесостепь	35	2,5	3,2	51,8	21	79	1,20
Степь	70	2,6	1,9	22,3	18	82	1,21
Полупустыня умеренного пояса	25	1,2	0,8	3,9	15	85	1,01

При этом доля бассейновой составляющей в стоке взвешенных наносов рек этой зоны, по-видимому, даже меньше её расчётной величины (табл. 2). Столь же низкой освоенностью отличаются бассейны рек таёжной и полупустынной зон. Как следствие, отношение доли бассейновой составляющей в стоке взвешенных наносов этих рек близко к той же доле в стоке рек, бассейны которых слабо освоены человеком. Наибольшая средняя категория освоенности характерна для зоны широколиственных лесов, а также степной и лесостепной зон (2,5-2,7). Здесь же отмечаются наибольшее преувеличение фактической доли бассейновой составляющей $(100 - \omega)$ над долей бассейновой составляющей неосвоенных и слабоосвоенных бассейнов $(100 - \omega_1)$.

Осреднение, проведённое по зональным значениям отношения $\frac{100 - \omega}{100 - \omega_1}$, показано на рис. 3. Рисунок показывает, что при полном прекращении сельскохозяйственной деятельности на поверхности речных бассейнов доля бассейновой составляющей стока взвешенных наносов способна уменьшиться почти вдвое по сравнению с её долей в бассейнах 1 категории. Такое уменьшение легко объяснимо с тех позиций, что бассейны 1 категории, строго говоря, не являются природными, их поверхность до некоторой степени также изменена человеком. В нынешнюю эпоху (при средней категории освоенности земной поверхности, равной 2,1) увеличение доли бассейновой составляющей в стоке взвешенных наносов равнинных рек составляет 1,5-1,6 по сравнению с той же долей в бассейнах 1 категории. Наконец, если вся суша Земли окажется распаханной, т.е. будет переведена в 3

категорию освоённости, это вызовет увеличение доли бассейновой составляющей более чем в 2,5 раза по сравнению с бассейнами 1 категории.

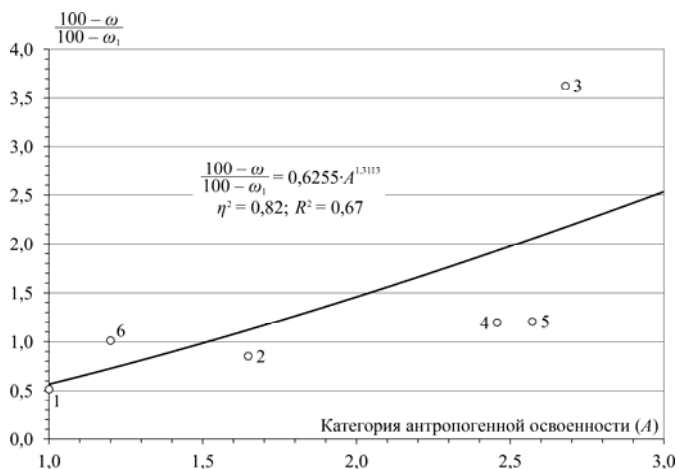


Рис. 3. Превышение фактической доли бассейновой составляющей стока взвешенных наносов рек $(100-\omega)$ той же доли в бассейнах 1 категории освоённости $(100-\omega_1)$ по природным зонам равнин Северной Евразии: 1 – тундра и лесотундра; 2 – тайга; 3 – широколиственный лес; 4 – лесостепь; 5 – степь; 6 – полупустыня умеренного пояса.

Описываемая зависимость, связывающая категорию освоённости речных бассейнов равнин с отношением долей бассейновой составляющей стока наносов отличается высокой теснотой (коэффициент криволинейной корреляции $\eta^2 = 0,82$). И хотя полученные выводы обнаруживают некоторое расхождение с полученными ранее оценками [Дедков, Мозжерин, 2000; Мозжерин, Мозжерин, 2011 и др.], в целом их можно признать сопоставимыми с ними.

ЛИТЕРАТУРА

Дедков А.П., Гусаров А.В., Мозжерин В.В. Две системы эрозии в речных бассейнах равнин Земли и их взаимная трансформация (часть I) // Геоморфология. 2008. № 4.

Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во КГУ. 1984.

Дедков А.П., Мозжерин В.И. Глобальный сток наносов в океан: природная и антропогенная составляющие // Эрозионные и русловые процессы. Вып. 3. М.: МГУ. 2000.

Дедков А.П., Мозжерин В.И., Мартыанова М.В. Сток наносов как функция площади бассейнов и стока воды // Тр. Акад. водохоз. наук. Вып. 5. Русловедение и гидроэкология. 2001.

Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР. 1955.

Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ. 1986.

Мозжерин В.И. Геоморфологический анализ твердого речного стока гумидных равнин умеренного пояса. Автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. Казань: КГУ. 1994.

Мозжерин В.И., Курбанова С.Г. Деятельность человека и эрозионно-русловые системы Среднего Поволжья. Казань: Арт Дизайн. 2004.

Мозжерин В.И., Мозжерин В.В. Мировой сток взвешенных наносов: его геоморфологическая и геоэкологическая интерпретация // Геоморфология. 2011. № 1.

Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчеты. Л.: Гидрометеиздат. 1946.

Сток наносов, его изучение и географическое распределение. Л.: Гидрометеиздат. 1977.

Щеглова О.П. Генетический анализ и картографирование стока взвешенных наносов рек Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат. 1984.

А.Ф. Машков

ОАО Институт «Удмуртгипроводхоз»

ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Материалы Государственного мониторинга экзогенных геологических процессов (ЭГП) на территории Удмуртской Республики за последние два десятилетия, а также результаты проведенного в 1998-2001 гг. специального инженерно-геологического обследования Удмуртии свидетельствуют о том, что наиболее негативное влияние на геологическую среду, населённые пункты и хозяйственные объекты оказывают активные проявления таких генетических типов ЭГП, как оползание, овражная эрозия и речная боковая эрозия.

Оценка региональной активности ЭГП проводится по инженерно-геологическим областям, в соответствии со схемой районирования территории республики по интенсивности развития ЭГП, разработанной автором в ходе выполнения специального инженерно-геологического обследования. В пределах Удмуртии выделены четыре инженерно-геологические области: 1) возвышенностей северной и центральной Удмуртии; 2) низменных равнин центральной и юго-западной Удмуртии; 3) возвышенностей южной Удмуртии; 4) Камско-Бельской низины.

Внутри областей по преобладанию какого-либо стратиграфо-генетического комплекса выделены инженерно-геологические районы. Оценка интенсивности развития генетических типов ЭГП производилась по

элементарным участкам, представляющим собой бассейны водотоков 4-го порядка. Характеристика интенсивности ЭГП даётся, главным образом, для первых трёх областей, так как в пределах Камско-Бельской низины склоновые и эрозионные процессы имеют ограниченное развитие.

Оползневой процесс

Сочетание благоприятных для развития оползневой процесса геологических, геоморфологических, гидрогеологических и техногенных факторов определило широкое распространение в пределах республики оползневых форм, разнообразных по размерам, морфологии и механизму образования. Рельефообразующая роль процесса оползания особенно значительна на юго-востоке Удмуртии, на территории инженерно-геологических районов Сарапульского и Каракулинского Прикамья, где его последствия местами носят чрезвычайно негативный характер.

Масштабы проявлений оползневой процесса в пределах *области возвышенностей северной и центральной Удмуртии* не такие значительные, как на юге республики. Тем не менее, во время проведения специального инженерно-геологического обследования на территории этой области было выявлено и описано около 120 проявлений процесса оползания. Большинство из них (55% от общего числа) развивается в аллювиальных отложениях алевритового и глинистого состава и в геоморфологическом отношении приурочено к определённому элементу рельефа – уступу первой надпойменной террасы. Наиболее широко распространены оползневые формы на береговых уступах р. Чепцы и ее главных притоков. Наибольшая пораженность оползневыми деформациями уступа первой надпойменной террасы отмечена в днище долины р. Чепцы на отрезке русла протяжённостью 140 км между устьями рр. Пызеп и Лекмы. Оползни, формирующиеся в коренных среднепермских глинистых образованиях, сравнительно немногочисленны (15% от зафиксированных проявлений на территории области возвышенностей северной и центральной Удмуртии), невелики по объёму и приурочены, в основном, к откосам карьеров и склонам оврагов.

В пределах инженерно-геологической *области низменных равнин центральной и юго-западной Удмуртии* большинство оползней развивается на молодых эрозионных склонах постоянных и временных водотоков крутизной от 25 до 60°. Особенно это характерно для бассейнов рек Валы и Позимь, где многочисленные оползневые деформации осложняют береговые уступы рек и крутые склоны оврагов. В целом для области характерно распространение малых по размерам оползней. Это срывы грунта, блоки оседания, оплывины объёмом от единиц до 10 м³. Около 20% от общего числа оползневых форм в пределах большинства ключевых участков приходится на небольшие оползни объёмом до 200 м³ и средние по размерам оползни объёмом от 200 до 1000 м³. Крупные оползни объёмом свыше 1000 м³ имеют единичное распространение.

На территории Привятской равнины, входящей в рассматриваемую область, также преобладают малые оползневые формы. Однако одно из оползневых проявлений заслуживает особого внимания. Это оползень

скольжения, образованный в аллювии третьей 20-метровой террасы на левом берегу р. Вятки в 0,2 км северо-западнее с. Крымской Слудки. Это самый крупный современный оползень на территории республики, объём его, по предварительным оценкам, составляет не менее 80000 м³.

Рельефообразующая роль процесса оползания особенно значительна на территории *области возвышенностей юга Удмуртии*, где его последствия носят чрезвычайно негативный характер. Наиболее поражены оползневым деформациям склоны речных долин, оврагов и балок на правобережье р. Камы, в особенности – правый склон долины в зоне затопления Нижнекамского водохранилища. Основная причина активизации оползней на этом участке долины – избыточное увлажнение среднепермских алевролитоглинистых пород и средне-верхнечетвертичных суглинков перигляциальной формации вследствие подъёма уровня грунтовых вод [Бутаков, 1986]. Нарушение устойчивости склона связано и с интенсивным размывом его основания во время подъёма уровня водохранилища до абсолютной отметки 65 м. Вне зоны влияния водохранилища к активизации данного процесса приводят строительство и эксплуатация зданий и сооружений в непосредственной близости от правого камского склона, а иногда – и на самом склоне. Преобладающий тип современных оползней – оползни течения. Они развиваются преимущественно в делювиально-солифлюкционных суглинках перигляциальной формации. В большинстве случаев это средние по размерам (400-800 м³) оползневые тела, образованные непосредственно на правом склоне долины р. Камы, а также на склонах долин её правых притоков и балок за счёт переувлажнения суглинков в местах разгрузки горизонтов грунтовых вод. Современные оползни скольжения на правобережье р. Камы по сравнению с оползнями течения имеют сравнительно ограниченное распространение, однако отличаются довольно крупными размерами. Объём их составляет обычно несколько тысяч м³. Наиболее крупный оползень скольжения зафиксирован в 1,5 км юго-западнее с. Вятское на левом склоне голоценовой балки, открывающейся в долину р. Камы. Оползень имеет фронтальный облик, протяжённость его – 140 м, ширина – 60 м. Глубина захвата составляет 5 м, оползанию подверглись среднепермские коричневые аргиллиты и аргиллитоподобные глины и перекрывающие их четвертичные делювиально-солифлюкционные суглинки. Объём оползневого тела равен 40000-42000 м³; это один из крупнейших современных оползней на территории республики.

Основная причина развития оползней на правом склоне долины р. Камы – нарушение устойчивости песчано-глинистых и алевроитовоглинистых пород казанского и уржумского ярусов средней перми на участках склона, где его крутизна и высота превышают критические значения (т.е. при крутизне склона более 35-40° и высоте более 50-55 м). При таких условиях в пермских породах формируются оползни скольжения. Большое значение имеет степень увлажнённости глинистых пород. Их естественная влажность на 12-30% меньше верхнего предела пластичности. При избы-

точном увлажнении на склоне кроме оползней скольжения (блоков) формируются и оползни течения.

Наряду с природными факторами развития оползней большое, а в некоторых случаях ведущее значение имеют и техногенные факторы. После заполнения Нижнекамского водохранилища до абсолютной отметки 62,5 м в зоне его влияния зарегистрирован подъём уровня грунтовых вод на 0,9-1 м, в связи с чем нередко наблюдается их разгрузка в средней части склона на абсолютных отметках 85-100 м. С этим фактом связано активное формирование оползней течения на северо-восточной окраине с. Каракулино, на уступе между нижней и средней древними оползневыми ступенями. Большое влияние на состояние склона имеют сезонные (май-июнь) подъёмы уровня водохранилища до абсолютной отметки 65 м, когда основание склона интенсивно размывается и устойчивость его нарушается. В результате в нижней части склона, особенно на поверхностях древних оползневых ступеней, часто наблюдаются зоны сплошного развития оползневых трещин и небольших блоков. Зачастую негативные последствия имеет строительство и эксплуатация зданий и сооружений как непосредственно на оползневом склоне, так и на участках, прилегающих к его бровке. Причинами активизации оползневого процесса в этих случаях могут быть нарушение равновесного состояния склона и изменение естественной структуры грунтов (переход через р. Каму в 5 км севернее г. Сарапула магистральных газопроводов), переувлажнение грунтов за счёт сброса на склон сточных вод (северо-восточная окраина г. Сарапула, очистные сооружения городского водозабора), изменение гидрогеологических условий в результате массовой коттеджной застройки (д. Докша Завьяловского района).

Овражная эрозия

Распространение овражной эрозии на территории Удмуртии не соответствует естественным умеренно гумидным условиям лесной зоны и является следствием хозяйственной деятельности, создающей благоприятные условия для развития эрозии временных русловых водотоков. Такими условиями являются отсутствие сплошного растительного покрова (в первую очередь древесно-кустарникового) и значительный (достаточно неравномерный) жидкий сток. В плейстоцене, когда антропогенное воздействие на природную среду практически отсутствовало, подобные условия на рассматриваемой территории существовали в переходные этапы между межледниковьями и перигляциалами. В перигляциальное время осуществлялся переход оврагов в балки или в другие реликтовые формы, созданные временными русловыми водотоками.

Благодаря многолетним исследованиям географов Удмуртского университета механизм оврагообразования и распространение овражных форм на территории республики по сравнению с другими генетическими типами ЭГП изучены довольно детально [Рысин, 1998]. Результаты этих исследований показывают, что значения густоты овражного расчленения элементарных бассейнов изменяются в широких пределах – от нулевых значений в северных и западных районах Удмуртии до 800-1000 м/км² в юго-восточных.

В пределах *области возвышенностей северной и центральной Удмуртии* почти полным отсутствием овражных форм отличаются верховья Камы и Вятки. На правобережье р. Чепцы средняя густота овражного расчленения не превышает 2 м/км^2 . Здесь, на северной периферии республики значительно уменьшается степень развития и мощность наиболее легко размываемых пород – лёссовидных делювиально-солифлюкционных суглинков. Вместе с делювиально-солифлюкционными склоновыми шлейфами постепенно исчезает и генетически связанная с ними инсоляционная асимметрия склонов речных долин. Крутые склоны на севере встречаются лишь по долинам рек, где иногда возникают овраги. Вследствие высокой горизонтальной расчленённости территории долинно-балочной сетью здесь повсеместно господствуют короткие пологие склоны, часто лишённые шлейфов суглинков. Короткие склоны не обеспечивают достаточной концентрации склонового стока для развития оврагов. Поэтому на распахиваемых склонах возникают лишь начальные формы линейной эрозии – размоины и промоины.

По левобережью р. Чепцы густота овражной сети незначительно возрастает. В бассейнах рек Лекмы и Иты, отличающихся высокой степенью хозяйственного освоения, встречаются отдельные водосборы с густотой овражного расчленения $60\text{--}70 \text{ м/км}^2$. Преобладают овражные формы в начальной стадии развития, главным образом, приуроченные к кюветам автодорог и выемкам, просадкам вдоль трасс трубопроводов. Реже встречаются овраги в стадии регрессивной эрозии и выработки продольного профиля. Последние могут достигать значительных размеров (например, 600-метровый овраг на правом склоне долины р. Лекмы в д. Починки Юкаменского района).

По данным И.И. Рысина [1998] в бассейне р. Чепцы преобладают положительные тенденции оврагообразования ($1,0\text{--}3,5 \text{ м/год}$). Активизация овражной эрозии наблюдается на отдельных водосборах рек Лыпе, Верхнего Пызепы, Люка, Варыжа, Пышкеца, Тума, Костромки ($5\text{--}7 \text{ м/год}$). На левобережье р. Чепцы в бассейнах рек Медли, Сылызи, низовьях Иты и Лозы этот показатель изменяется в пределах $1,0\text{--}9,5 \text{ м/год}$. В низовьях рек Юса, Омыти, Пудема, Нязи, Кестымки, Парзи, Уни, в верховьях р. Пажмы, в среднем течении р. Убыти, наоборот, наблюдается снижение активности оврагообразования ($-0,7 \text{ -- } -6,0 \text{ м/год}$).

На территории *области низменных равнин центральной и юго-западной Удмуртии* современные проявления процесса овражной эрозии в пространственном отношении также распространены неравномерно. Густота овражного расчленения какого-либо отдельного водосборного бассейна в значительной мере зависит от степени его залесённости. Практически отсутствуют овраги на площадях, занимаемых песчаными эоловыми образованиями, которые залесены на 80-95%. Это Кильмезская низменность, большая часть территории бассейнов правых притоков р. Валы, верхняя часть бассейна р. Ижа. В бассейнах, где доля сельскохозяйственных угодий возрастает, показатель густоты овражной сети изменяется в широких пределах – от 5 м/км^2 в бассейне р. Увы, до $75\text{--}100 \text{ м/км}^2$ на левобережье р. Валы.

Имеются различия и по такому показателю, как активность роста оврагов. Положительной тенденцией оврагообразования характеризуются бассейны левых притоков рек Кильмези и Валы. Здесь среднегодовой рост оврагов равен 3,1-3,3 м/год на овражную единицу. В верхней части бассейна р. Ижа и в бассейне р. Сивы, наоборот, наблюдается сокращение овражной сети (средние значения сокращения овражных русел – 0,4-0,9 м/год [Рысин, 1998].

Наибольшие величины густоты овражного расчленения характерны для южных и особенно – для юго-восточных районов Удмуртии (*область возвышенностей юга Удмуртии*). В бассейнах рек Ижа и Тоймы, на левобережье р. Вятки средняя густота оврагов изменяется в пределах от 20 до 65 м/км², а в некоторых элементарных бассейнах заовраженность достигает 200-300 м/км². Максимальной овражной расчленённостью характеризуется правобережье р. Камы. В пределах этой территории большинство элементарных водосборов имеют густоту овражной сети более 250 м/км², иногда превышает 1000 м/км².

Для инженерно-геологической *области возвышенностей южной Удмуртии* в целом характерно затухание процесса оврагообразования. Отчасти это можно объяснить историческим аспектом развития овражной сети на рассматриваемой территории. Общая продолжительность цикла оврагообразования в зоне смешанных лесов составляет 100-120 лет. По-видимому, большинство затухающих оврагов заложились в период интенсивного агрикультурного освоения территории во второй половине XIX в. [Рысин, 1998]. На затухающие овраги приходится 54% от общего числа овражных форм, описанных автором в ходе специального инженерно-геологического обследования юга республики. Овраги в стадии регрессивной эрозии и в стадии выработки продольного профиля встречаются несколько реже (42%).

Овражные формы в начальной стадии развития на юге Удмуртии отличаются меньшим распространением по сравнению с северными и центральными районами. Почти все они связаны с хозяйственной деятельностью и развиваются вдоль автодорог, чаще всего в результате брака при обустройстве водопропусков.

Речная боковая эрозия

Процесс боковой речной эрозии широко развит в большинстве долин крупных и средних рек Удмуртии. Согласно схеме районирования территории бывшего СССР по геолого-геоморфологическим условиям развития русловых процессов, Удмуртия располагается в пределах области свободного развития русловых деформаций. Это означает, что на большей части территории республики реки дренируют пространства, сложенные преимущественно рыхлыми породами с малой сопротивляемостью размыву, что является благоприятным условием для образования в днищах долин горизонтальных русловых деформаций, в частности боковой эрозии.

На территории *области возвышенностей северной и центральной Удмуртии* наиболее активно процесс боковой эрозии развивается в днищах долин рек Чепцы, Лекмы, Лозы, Иты. Коэффициенты извилистости, рассчи-

танные для этих рек, изменяются в пределах от 1,30 до 1,80. Интенсивному размыву водотоком подвержены вогнутые берега речных излучин, выработанные, главным образом, в аллювиальных отложениях первой террасы. Как правило, такие берега имеют вид крутых ($50-60^\circ$), иногда отвесных, зачастую обнажённых уступов высотой 4-5 м. Боковая эрозия активизирует на береговых уступах и склонах развитие обвально-оползневых процессов.

В пределах *области низменных равнин центральной и юго-западной Удмуртии* процесс боковой речной эрозии наиболее активно развивается в днище р. Валы ниже по течению от впадения в неё р. Нылги. Здесь р. Вала образует коленообразный изгиб, изменяя направление течения с северного на западно-северо-западное. Коэффициент извилистости русла на данном отрезке (до устья) равен 1,92. Пойма прослеживается фрагментарно, на выпуклых участках берегов. Вогнутые берега речных излучин, выработанные, главным образом, в аллювии первой террасы, подвергаются интенсивному размыву. Русло вдоль вогнутых участков береговых уступов наиболее углублённое, скорости течения наибольшие. Высота уступов 5-6 м, крутизна $50-60^\circ$, иногда – $80-90^\circ$. Уступы обнажённые, возвышаются над узким бичевником, нередко бичевник даже при меженном уровне отсутствует. Выше уже говорилось о почти повсеместном развитии на размываемых уступах обвально-оползневых образований.

Близкими, хотя несколько меньшими, показателями поражённости данным процессом характеризуются береговые уступы рек Кильмези и Сивы. Так, р. Кильмезь по сравнению с р. Валою имеет меньший коэффициент извилистости – 1,75 (от устья р. Арлети до границы с Кировской областью). Пойма р. Кильмези шириной 200-300 м сложена песчаными отложениями, поверхность её осложнена продольными валами, дюнами, многочисленными старицами, прорванными излучинами. Боковая эрозия на вогнутых отрезках уступа 4-5-метровой первой террасы, сопровождается осыпанием и обрушением блоков аллювиальных песков. В опасной близости от уступов, подвергающихся размыву р. Кильмези, располагаются жилые постройки деревень Пумси, Виняшур-Бия, Головизнин Язок.

Активное развитие боковой эрозии наблюдается на левом берегу р. Вятки у с. Крымской Слудки Кизнерского района. Размыву здесь подвержен уступ 3-й надпойменной террасы, сложенной аллювиальными песками видимой мощностью около 20 м. Ранее р. Вятка, имеющая в низовьях прямолинейное русло, размывала правый склон, сложенный плотносцементированными песчаниками и алевролитами казанского яруса. Левостороннее смещение русла и разрушение уступа 3-й террасы, на поверхности которой расположено село, отмечено с середины 70-х гг. XX в.. К сожалению, количественные характеристики процесса и прогноз его развития, несмотря на крайне негативные его последствия, отсутствуют. Многие постройки, возведённые в непосредственной близости от уступа террасы, уже разрушены. Процесс боковой эрозии близ с. Крымской Слудки сопровождается активной овражной эрозией, обваливанием и дефляцией, а с 2000 г. – и оползанием.

Русла большинства рек 4-5-го порядков *области возвышенностей южной Удмуртии* (Иж, Кырыкмас, Умяк и другие) относится к широкопойменным. Поймы их широкие, двухсторонние, ровные и сегментно-гивистые. Данный морфодинамический тип русла характеризуется свободным развитием и преобладанием сегментных крутых излучин. Интенсивному размыву водотоком подвержены вогнутые берега речных излучин, выработанные в аллювии высокой поймы или 1-й надпойменной террасы. Сложены они песками, супесями, пористыми суглинками, что способствует достаточно высоким скоростям русловых деформаций – 2-5 м/год, а на крупных реках – до 20 м/год. Как правило, такие берега имеют вид крутых (45-60°), зачастую обнажённых уступов высотой 4-6 м.

Несмотря на благоприятные геолого-геоморфологические условия, рассматриваемый процесс имеет на реках Можгинской и Сарапульской возвышенностей сравнительно ограниченное распространение. Это можно связать, очевидно, с высокой степенью сельскохозяйственного освоения территории данной инженерно-геологической области. Чем больше в каком-либо речном бассейне площадь пахотных угодий, тем выше объём продуктов плоскостного смыва, поступающих со склонов в днища долин. Большая часть энергии водотока малых и средних рек расходуется на транспортировку твёрдых частиц, а также на их аккумуляцию в руслах и поймах, соответственно, эрозионная способность рек падает.

Большая часть проявлений процесса боковой речной эрозии зафиксировано в бассейнах рек Нечкинки и Умяки, а также на правом склоне долины р. Камы. На северо-востоке области р. Кама интенсивно размывает основание правого коренного склона на 5-километровом отрезке в 5 км ниже по течению от устья р. Сивы и на 4-километровом отрезке в районе с. Гольяны.

В пределах инженерно-геологического района *Каракулинского Прикамья* современный эрозионный уступ средней высотой 4-5 м отчётливо выражен в рельефе на участке от с. Каракулино до с. Вятского, близ сёл Сухарево и Тарасово. Эрозионное воздействие р. Камы на основание правого склона долины наблюдается также на отрезке от д. Юньги до д. Усть-Бельска. Здесь, в зоне затопления Нижнекамского водохранилища, не заполненного до проектной отметки, сохранился речной режим со скоростями течения до 0,5 м/сек. Процесс абразии в этой части водохранилища, даже при максимальных уровнях воды, практически не проявляется. Размыву обычно подвергаются коренные среднепермские образования, реже – делювиально-солифлюкционные покровные суглинки.

Прогноз развития и рекомендации по снижению ущерба от негативного воздействия ЭГП

В течение процессоопасного сезона на территории Удмуртии отмечаются два периода активизации ЭГП: весенний (апрель-май), связанный со снеготаянием и повышением уровня воды в реках и водохранилищах; летне-осенний, во время которого активизация ЭГП связана с продолжительными дождями, чаще всего в августе-сентябре.

В течение 2005-2011 гг. на территории Удмуртии отмечена тенденция к снижению активности склоновых и эрозионных процессов. Это связано с тем, что в течение нескольких лет количество атмосферных осадков, выпавших во время процессоопасного сезона, не превышало средние многолетние значения или было существенно ниже.

Очередной этап активизации ЭГП, подобный наблюдавшемуся в 90-е годы XX в. на правобережье р. Камы и на территории Удмуртии в целом может быть связан с изменением гидрометеорологических условий. Это или аномально высокое количество жидких атмосферных осадков или быстрое таяние значительного по мощности снежного покрова. В подобных условиях ожидается активизация старых оползневых форм и развитие новых оползней объёмом от первых сотен м³ до 10000-20000 м³ на правом склоне долины р. Камы, в первую очередь, на участках с нарушенной геологической средой (д. Докша и с. Гольяны Завьяловского района, с. Каракулино, с. Сухарево, с. Чеганда Каракулинского района). В долинах рек Чепцы, Кильмези, Валы, Сивы, а также в долинах их наиболее протяжённых притоков на уступах террас возможно активное развитие оползней объёмом до 1000 м³. Следует ожидать очередного этапа активизации боковой эрозии р. Вятки и оползания её левого склона у с. Крымской Слудки Кизнерского района. Величина переработки береговых уступов рек Чепцы, Валы, Кильмези, Сивы может составить 1,5-2,0 м/год.

Возможен подъём уровня воды в Нижнекамском водохранилище во время весеннего половодья до абсолютной отметки 66,0 м. В этом случае на отрезках склона между с. Сухарево и с. Боярка, с. Вятское и д. Усть-Бельском годовая величина переработки склона может составить 3-4 м. Вне зоны влияния Нижнекамского водохранилища на отрезке между с. Гольяны и с. Дулесово величина отступления бровки склона может составить 2-3 м/год.

Для снижения или полного устранения негативного влияния эрозионных и склоновых генетических типов ЭГП разработан комплекс профилактических мероприятий. Важнейшими из этих мероприятий являются:

- устранение и уменьшение утечек воды из резервуаров, а также из инженерных сетей водо- и теплоснабжения;
- регулирование поверхностного стока;
- максимально возможное сохранение древесно-кустарниковой и травяной растительности на склонах и восстановление её на нарушенных участках;
- существенное ограничение, а в отдельных случаях полное запрещение строительных работ на склонах и участках, прилегающих к их бровке.

Необходимо отметить, что в некоторых случаях развитие оползневого процесса на правобережье р. Камы зашло настолько далеко, что выполнение одних профилактических мероприятий не даст нужного эффекта. Так, на восточной окраине д. Докша Завьяловского района нарушение природных инженерно-геологических и гидрогеологических условий, сопровождающиеся резкой активизацией процессов оползания и суффозии, связаны со строительством зданий близ бровки оползневого склона и на поверхности древнего

оползня. Естественное направление стока грунтовых вод было нарушено подземными частями зданий. Кроме того, суглинистые грунты дополнительно увлажнялись при поливе садовых участков и при сбросе поверхностных вод с территории участков непосредственно на склон. Ликвидация последствий оползневого процесса на ул. Набережной в д. Докша и предотвращение образования новых оползней возможно лишь при создании системы противооползневых сооружений. Проект инженерной защиты д. Докша разработан в 2008 г. в ОАО институт «Удмуртгипроводхоз».

Сохраняется возможность образования крупного оползня скольжения на отрезке правого склона долины р. Камы, прилегающего к территории очистных сооружений Сарапульского водозабора. Здесь необходимо прекратить сброс сточных вод в русло оврага, подсыпку рыхлого грунта в вершину оврага и оползневые цирки, загрязнение приоровочной части склона бытовыми отходами. Для приостановки активного развития оползневого процесса на указанном объекте необходимо выполнение дополнительных инженерно-геологических изысканий, проектирование и строительство системы противооползневых сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

Бутаков Г.П. Плейстоценовый перигляциал на востоке Русской равнины. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 1986.

Рысин И.И. Овражная эрозия в Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та. 1998.

И.И. Рысин, И.И. Григорьев

Удмуртский государственный университет

О РОЛИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РАЗВИТИИ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В УДМУРТИИ

В целях изучения механизма оврагообразования и получения количественных характеристик сезонного и ежегодного приростов оврагов, начиная с 1978 г., ведутся полустационарные наблюдения за ростом более 160 оврагов на 28 ключевых участках, расположенных в различных ландшафтных условиях Удмуртии. Её территория расположена на востоке Русской равнины в южной части Вятско-Камского междуречья и характеризуется распространением ландшафтов южной тайги и зоны смешанных хвойно-широколиственных лесов, сильно преобразованных хозяйственной деятельностью человека.

Определение скорости роста оврагов производится путём измерения расстояния от вершины оврага до предварительно установленного репера. На большинстве стационаров (132 оврага) наблюдения проводятся один раз в год (обычно в июле). На 4 ключевых участках (22 оврага) измерения осуществляются дважды: в конце мая или начале июня, после схода

талых вод и в октябре или начале ноября, после окончания сезона летне-осенних ливней. С 1993 по 2000 гг. на 11 оврагах, расположенных вблизи г. Ижевска, проводились дополнительные наблюдения летом после выпадения сильных ливней. Изучение оставшихся 16 оврагов осуществляется эпизодически, через 2-3 года (рис. 1).

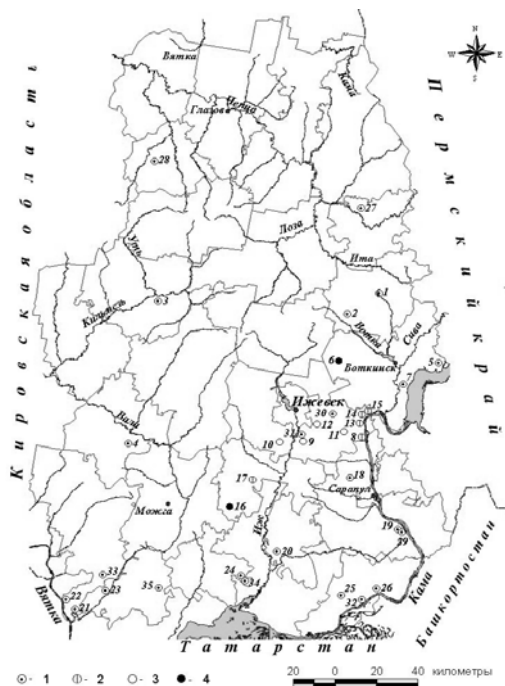


Рис. 1. Расположение ключевых участков (стационаров) по изучению механизма и динамики оврагообразования. Наблюдения на стационарах: 1 – ежегодные; 2 – сезонные (2 раза в год); 3 – многократные (после ливней); 4 – эпизодические (через 2-3 года).

С 2002 г. в наблюдение дополнительно вовлечены 13 техногенных оврагов. Вместе с ранее наблюдавшимися 9 техногенными оврагами общее их количество достигло 22. Для изучения активно растущих оврагов применяется тахеометрическая съёмка [Григорьев, Рысин, 2009]. Среди сельскохозяйственных (агрогенных) оврагов преобладают первичные (58,5%), из них чуть меньше половины приводораздельных. Среди вторичных агрогенных оврагов преобладают вершинные (62,1%). Структура типов техногенных оврагов несколько отличается. Первичные овраги сильно преобладают (72,7%); среди них примерно равны доли придолинных и приводораздельных – по 44% соответственно. Среди вторичных техногенных оврагов преобладают вершинные (66,7%). Очень низка доля пойменных оврагов – по одному среди агрогенных и техногенных. Количество оврагов на стациона-

рах колеблется от 1 до 16. Соответственно, различаются площади ключевых участков: от 1-2 до 18,5 км²; их общая сумма составляет 108,6 км². В 1996 г. в наблюдение дополнительно вовлечены овраги, расположенные в пределах ключевых участков «Варни» и «Муллино».

Для определения среднегодового прироста оврагов в период, предшествовавший стационарным наблюдениям, использовались аэрофотоматериалы масштабов 1:10000-30000 залётов 1934-1991 гг.

Выбор ключевых участков осуществлялся путём анализа аэрофотоснимков 1957-1959 гг., на которых выбирались активно растущие овраги; к началу проведения стационарных наблюдений они находились уже на различных стадиях развития, но продолжали расти. Кроме них в наблюдения вовлечены и вновь появившиеся овраги или отвершки, поэтому количество изучаемых оврагов возрастает [Рысин, 1998].

Анализ полученных данных свидетельствует о большом диапазоне средних скоростей роста оврагов за последние 40 лет. При этом имеются существенные различия между первичными, и вторичными оврагами. Наибольшие различия наблюдаются среди первичных оврагов. Наименьшие значения их скоростей роста за многолетний период варьируют в пределах 0,2-0,4 м/год. Максимальные средние многолетние скорости роста отмечаются у с. Мушак Киясовского района (24,1 м/год), у д. Старые Быги Шарканского района (3,05 м/год) и у д. Макарово Завьяловского района (2,4 м/год). Средняя скорость роста по всем первичным оврагам за анализируемый период оказалась невысокой – 0,9 м/год [Рысин, Григорьев, 2010].

Для вторичных оврагов столь резкого различия в средних скоростях не наблюдается. Максимальные средние скорости роста зафиксированы у 5 донных оврагов на стационаре близ с. Варзи-Ятчи Алнашского района (2,5 м/год), с учётом вершинных их среднее значение существенно уменьшается (1,4 м/год). Интенсивный рост оврагов наблюдается также у д. Большое Волково Вавожского района (2,0 м/год). Средняя скорость роста вторичных оврагов несколько выше (1,1 м/год), чем у первичных.

При анализе среднегодовых скоростей по всем оврагам отчётливо выделяются 3 пика с максимальными значениями: 1979 г. (2,8 м/год), 1990 и 1991 гг. (1,9 и 2,3 м/год) и относительно низкий в 1994 г. (1,8 м/год). После 1996 г. средние скорости оврагообразования только в 1997, 1998 и 2001 гг. превышали 0,5 м/год с минимумом в 2008 г. (0,05 м/год). Годовой прирост оврагов в 2010 в 2011 гг. (0,23 м/год) оказался несколько выше по сравнению с 2009 г. (0,16 м/год) (рис. 2). Значительный прирост в 2010 г. был отмечен у приводораздельного оврага близ д. Мещеряки Завьяловского района (2,7 м/год), в 2011 г. – у вершинного оврага близ д. Курегово Мало-Пургинского района (2,8 м/год) и приводораздельного оврага на участке «Варзи-Ятчи» (3,25 м/год). Рекордный прирост был зафиксирован на участке «Варни» (6,8 м/год).

Какой-либо пространственной дифференциации средних скоростей не наблюдается. Обычно овраги с небольшими скоростями прироста соседствуют со оврагами со значительными скоростями, что характерно для мно-

гих районов. В целом отчётливо наблюдается тенденция снижения активности оврагообразования, о чём свидетельствует и полученное методом наименьших квадратов уравнение линейного тренда среднегодовых скоростей роста оврагов по всем ключевым участкам (рис. 2).

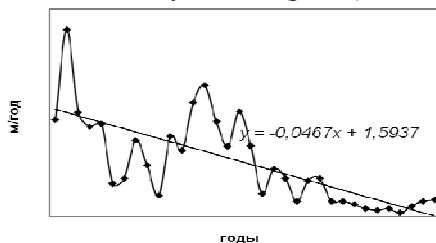


Рис. 2. Динамика прироста агрогенных оврагов на территории Удмуртии по данным полустационарных наблюдений за 1978-2011 гг.

Имеющийся в настоящее время материал позволяет подвести некоторые итоги по анализу скоростей роста техногенных и агрогенных оврагов за рассматриваемый период:

1) В 1979 г. рост агрогенных оврагов оказался самым высоким за весь период наблюдений (2,7 м/год), что связано с аномальными природными условиями года; прирост техногенных оврагов оказался еще выше (3,9 м/год), но по сравнению с последующими годами прирост их оказывается лишь на среднем уровне (рис. 2, 3).

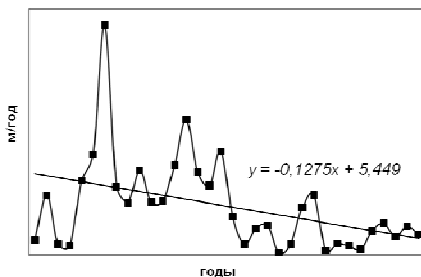


Рис.3. Динамика прироста техногенных оврагов на территории Удмуртии по данным полустационарных наблюдений за 1978-2011 гг.

2) В 1983-1984 гг. произошёл спад активности развития агрогенных оврагов, в то время как рост техногенных оврагов достиг максимума за весь период наблюдения – 14,95 м/год. Подобная картина повторялась в 1987, 2002 и 2005 гг. В 1985 и 1988 гг. рост агрогенных оврагов увеличился, в то время как активность техногенных снижалась.

3) В период с 1989 по 2001 гг. смена периодов увеличения-уменьшения прироста как техногенных, так и агрогенных оврагов в целом совпадала, но показатели прироста техногенных оврагов почти на порядок выше. При этом для техногенных оврагов характерны довольно резкие скачки в показателях, что не характерно для агрогенных оврагов.

4) В отдельные годы (1978, 1980, 1981 и 1999 гг.) прирост техногенных оврагов оказался ниже прироста агрогенных оврагов, что также подтверждает скачкообразное и неравномерное развитие техногенных оврагов, обусловленное преимущественно хозяйственной деятельностью (рис. 3).

5) За последние 15 лет максимальные значения среднегодового прироста техногенных оврагов отмечались в 2001 и 2002 гг. и соответственно составили 3,1 и 3,9 м/год. Второй меньший пик их активизации зарегистрирован в 2008 г. (2,1 м/год). Он обусловлен в основном рекордным приростом двух оврагов, расположенных у д. Юмьяшур (38 м/год) и в с. Крымской Слудке (21,8 м/год). Значительный прирост в 2010 г. показали техногенные овраги у д. Юмьяшур Алнашского района (13,5 м/год) и с. Новогорском Граховского района (11,5 м/год). В 2011 г. интенсивность роста у первого уменьшилась до 9,5 м/год, а природородный овраг у с. Новогорского вырос всего на 0,6 м.

Многочисленные исследования свидетельствуют, что интенсивность роста оврагов в значительной степени определяется климатическими условиями [Рысин, Григорьев, 2010; География..., 2006; Зорина, 2003; Назаров, 1992; Овражная эрозия, 1989; Овражная эрозия..., 1990]. Исследования показали, что на востоке Русской равнины 70-80% годового прироста приходится на весенний период, при этом выявлена ведущая роль таких метеорологических факторов, как интенсивность снеготаяния и запасы воды в снеге. Анализ 20-летних стационарных исследований на территории Удмуртии (1978-1997 гг.) в общем подтвердил указанные зависимости, но вместе с тем были выявлены и некоторые региональные особенности.

В настоящее время мы имеем 34-летний ряд непрерывных стационарных наблюдений за ростом оврагов и данные климатических условий, полученные на ближайших к ключевым участкам метеостанциях за период 1978-2008 гг.

Анализировалось развитие 13 оврагов, расположенных у г. Ижевска, 5 оврагов ключевого участка у с. Селты, 5 оврагов ключевого участка у с. Вавож и 8 оврагов ключевых участков, находящихся у г. Сарапула за 31 летний период.

В анализ климатических условий весеннего периода включены следующие показатели: 1) максимальные общие запасы воды в снеге в начале весны (H_6 , мм); 2) продолжительность снеготаяния (T , сутки); 3) интенсивность снеготаяния (H_6/T , мм/сут.); 4) максимальная глубина промерзания почвы (Mn , см); 5) интенсивность поверхностного стока как отношение максимального расхода весеннего половодья к норме стока ближайшей малой реки (Qm/Qn).

Поскольку в большинстве случаев рассматриваемые зависимости не являются прямолинейными (они чаще криволинейные), то наряду с обычным коэффициентом корреляции (r) рассчитывалось корреляционное отношение (η), являющееся универсальным показателем корреляционных связей. Поэтому квадрат корреляционного отношения (η^2) обычно применяют в качестве коэффициента детерминации, с помощью которого можно

судить о силе влияния факторов на результативный признак. Проверка гипотезы о форме связи между анализируемыми переменными осуществлялась с помощью критерия Блекмана (B) [Лакин, 1990].

Для 5 ключевых участков, находящихся поблизости от г. Ижевска, использовались данные метеостанции Первомайский (Ижевск) и гидропоста на р. Позимь. Анализ данных показывает, что среднегодовые скорости роста 13 оврагов за 31-летний период изменяются в значительных пределах. Сопоставление показателя активности роста оврагов с гидроклиматическими характеристиками определяет тесную взаимосвязь первого с интенсивностью половодного стока (рис. 4).

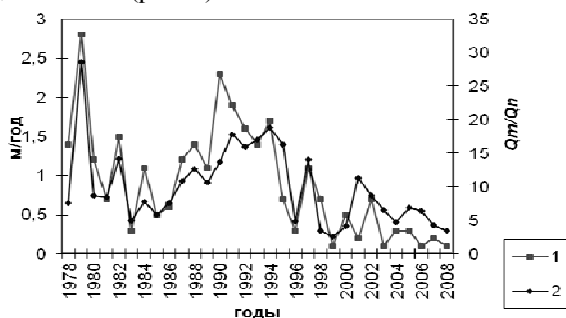


Рис. 4. Динамика прироста оврагов и интенсивности половодного стока на ключевых участках у г. Ижевска за 1978–2008 гг., где 1 – среднегодовой прирост оврагов, 2 – интенсивность половодного стока.

Об этом свидетельствуют и данные корреляционного анализа ($r = 0,834$; $\eta = 0,879$; $\eta^2 = 0,773$). В 1979 г. зафиксирован максимальный прирост оврагов (2,8 м/год), вызванный сочетанием экстремальных метеорологических условий и состоянием почвенного покрова. Очень суровая многоснежная зима 1978–1979 гг. способствовала глубокому промерзанию насыщенных влагой почво-грунтов, а тёплая весна вызвала интенсивное снеготаяние. Инфильтрация талых вод в мёрзлый грунт была незначительной, что обеспечило мощный поверхностный сток и высокое половодье на реках. В периоды низкой активности оврагообразования интенсивность поверхностного стока была незначительной, несмотря на высокие показатели интенсивности снеготаяния в отдельные годы. Повышенные значения запасов воды в снеге и интенсивности снеготаяния не всегда обеспечивают высокий поверхностный сток, зависящий от множества факторов. Поэтому связь скорости прироста оврагов с интенсивностью снеготаяния ($r = -0,153$, $\eta = 0,642$, $\eta^2 = 0,412$) и запасами воды в снеге ($r = 0,005$, $\eta = 0,231$, $\eta^2 = 0,054$) оказалась незначительной. Обращают внимание довольно высокие значения корреляционного отношения, что свидетельствует о высокой доле криволинейности в связях, подтверждаемые рассчитанным значением критерия Блекмана.

Связь между продолжительностью снеготаяния ($r = 0,171$, $\eta^2 = 0,191$, $\eta = 0,437$) и глубиной промерзания почв ($r = 0,348$, $\eta^2 = 0,237$,

$\eta = 0,487$) с активностью оврагообразования немного выше, но также незначительна (рис. 5). На графике обращает внимание часто встречающаяся обратная связь скорости роста оврагов с глубиной промерзания почв. Данная закономерность нарушается лишь в 1979 г. По коэффициенту корреляции связь интенсивности прироста оврагов достоверна только с интенсивностью половодного стока, а по квадрату корреляционного отношения с интенсивностью снеготаяния и с интенсивностью половодного стока, то есть показатели верны минимум на 95%. Достоверность остальных показателей ниже установленного минимального порога.

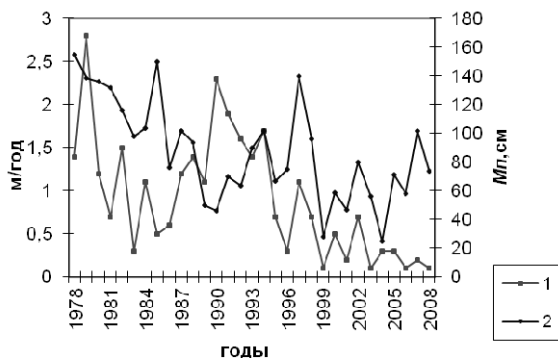


Рис. 5. Динамика прироста оврагов и глубина промерзания почв на ключевых участках у г. Ижевска за 1978-2008 гг.: 1 – среднегодовой прирост оврагов, 2 – глубина промерзания почв.

Для ключевого участка №3 использовались данные метеостанции с. Селты и гидропоста на р. Нылге (с. Нылга). Здесь изменение среднегодовых скоростей роста оврагов по годам отмечается в меньших пределах, чем на предыдущих стационарах (рис. 6).

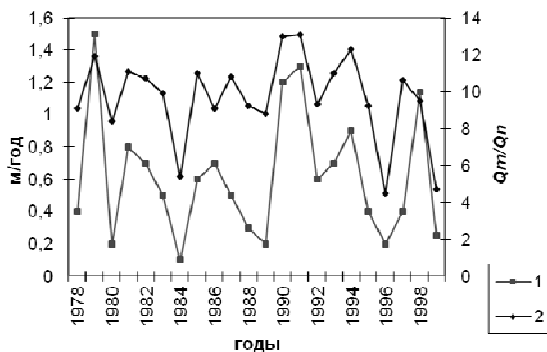


Рис. 6. Динамика прироста оврагов и интенсивность половодного стока на ключевом участке «Селты» за 1978-1999 гг., где 1 – среднегодовой прирост оврагов, 2 – интенсивность половодного стока.

Объясняется это тем, что большинство оврагов на стационаре находились на последних стадиях развития, и только один развивался активно. Необходимо отметить, что в 2000 г. все наблюдаемые овраги были засыпаны при строительстве автомобильной дороги и, естественно, рост их прекратился. Изменение активности оврагообразования по годам в целом аналогично предыдущим стационарам. Обращают на себя внимание более плавные колебания показателей интенсивности поверхностного стока, что связано с высокой залесённостью бассейна р. Нылги. Связь между годовым приростом оврагов и интенсивностью стока талых вод здесь также проявляется отчётливо ($r = 0,746$, $\eta^2 = 0,131$, $\eta = 0,362$) (рис. 6).

Несколько отличается распределение по годам максимальных запасов воды в снеге. Наибольшими они были в 1989-1991 гг. и в 1998-1999 гг., что обеспечило высокий поверхностный сток и вспышку активности оврагообразования. Интенсивность снеготаяния была максимальной в 1998 и 1979 гг., а глубина промерзания почв в 1979 г. достигла почти 1,5 м., обеспечив максимальный прирост оврагов. В 1998 г. прирост оврагов также был достаточно высоким (рис. 6).

Связь между скоростью роста оврагов и глубиной промерзания почв практически отсутствует ($r = -0,085$, $\eta = 0,780$, $\eta^2 = 0,609$), еще ниже она оказалась с продолжительностью снеготаяния ($r = -0,072$, $\eta = 0,411$, $\eta^2 = 0,169$); а с максимальными запасами воды в снеге ($r = 0,374$, $\eta = 0,474$, $\eta^2 = 0,225$) и интенсивностью снеготаяния ($r = 0,497$, $\eta = 0,558$, $\eta^2 = 0,312$) связь оказалась довольно высокой (рис. 7). Что касается достоверности, то по коэффициенту корреляции она более 95% для интенсивности поверхностного стока и интенсивности снеготаяния. Для квадрата корреляционного отношения достоверность более 95% только по интенсивности стока талых вод. Показатель криволинейности во всех случаях ниже его критерия, что говорит о прямолинейности рассматриваемых связей.

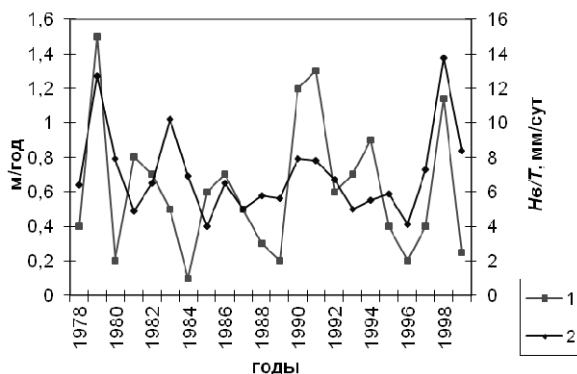


Рис. 7. Динамика прироста оврагов и интенсивность снеготаяния на ключевом участке «Селты» за 1978-1999 гг.: 1 – среднегодовой прирост оврагов, 2 – интенсивность снеготаяния.

Все овраги ключевого участка у с. Большого Волково находятся в стадии активного роста. Для их анализа использовались данные метеостанции Вавож и гидропоста на р. Вале. При отсутствии показателей в отдельные годы применялись данные близ расположенной метеостанции Можга.

В годы с интенсивным поверхностным стоком средняя скорость роста оврагов на этом стационаре достигала 2,8-6,6 м/год (рис. 8). В годы с низким поверхностным стоком, часто совпадающим с малоснежными зимами (1980-1981 гг.), активность резко снижается (0,7-1,1 м/год). В последние годы почти все гидроклиматические показатели были низкими, соответственно, значительного прироста оврагов не наблюдалось. Связь между скоростью роста оврагов и интенсивностью поверхностного стока проявляется очень отчётливо ($r = 0,886$, $\eta^2 = 0,949$, $\eta^2 = 0,900$).

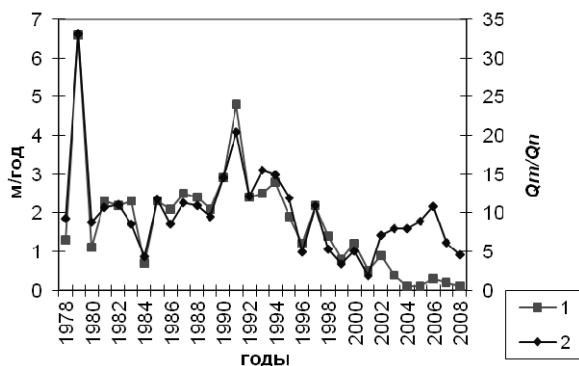


Рис. 8. Динамика прироста оврагов и интенсивность половодного стока на ключевом участке «Большое Волково» за 1978-2008 гг.: 1 – среднегодовой прирост оврагов, 2 – интенсивность половодного стока.

Довольно высок коэффициент корреляции между активностью прироста оврагов с глубиной промерзания почв ($r = 0,354$, $\eta^2 = 0,352$, $\eta^2 = 0,593$). Связь с остальными показателями оказалась несущественной. Максимальный коэффициент корреляции не превышает 0,2. Довольно высоко корреляционное отношение между активностью прироста оврагов с интенсивностью снеготаяния и продолжительностью снеготаяния, но низкие значения показателя криволинейности не позволяют руководствоваться выявленными связями. По критерию достоверности для коэффициента корреляции и для квадрата корреляционного отношения вероятность ошибки в проведённых расчётах составляет не более 5%. Достоверность остальных метеорологических факторов гораздо ниже. Доверительные границы наиболее высоки только для интенсивности поверхностного стока.

Овраги ключевых участков №18 (с. Девятово) и №19 (с. Мазунино) расположены в Сарапульском районе. Они в большинстве случаев размывают прочные коренные породы и находятся на второй и третьей стадиях развития, отличаются сравнительно медленным ростом. Для анализа их

ежегодного прироста использовались данные метеостанции Сарапул и гидропоста на р. Большой Сарапулке (д. Поркачево).

«Максимум» активности в приросте оврагов здесь также приходится на 1979 г., но второй «максимум» относится уже не к 1991 г., как на предыдущих стационарах, а смещается на один год позже (рис. 9). В 1992 г., в отличие от предыдущего, накоплено больше воды в снеге; короче было и снеготаяние. Поэтому интенсивность снеготаяния и поверхностного стока оказалась более значительной, что способствовало более активному развитию овражной эрозии. Благодаря неглубокому промерзанию почв (0,5 м) часть поверхностного стока перешла в подземный и, возможно, несколько притормозила скорость роста оврагов [Рысин, 1998].

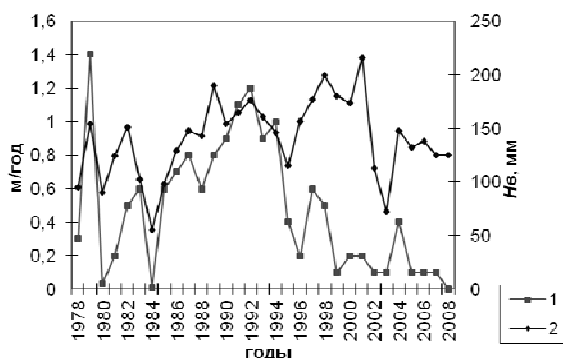


Рис. 9. Динамика прироста оврагов и максимальных запасов воды в снеге на ключевом участке у г. Сарапула за 1978-2008 гг.: 1 – среднегодовой прирост оврагов, 2 – максимальные запасы воды в снеге.

В последние годы почти все показатели, в сравнении с цифрами предыдущих лет, оказались низкими. Соответственно, скорости оврагов на данных ключевых участках не превышают 0,4 м/год. В итоге зависимость скорости роста оврагов от глубины промерзания почвы ($r = -0,0007$, $\eta = 0,529$, $\eta^2 = 0,280$) и интенсивности снеготаяния ($r = -0,065$, $\eta = 0,609$, $\eta^2 = 0,371$) оказалась несущественной.

Отчётливо проявляется зависимость среднегодового прироста оврагов лишь от интенсивности поверхностного стока ($r = 0,670$, $\eta = 0,765$, $\eta^2 = 0,586$). Низкое, по сравнению с предыдущими стационарами, значение коэффициента корреляции объясняется отсутствием данных гидропоста на р. Большой Сарапулке за последние 14 лет из-за его закрытия. Довольно низкой оказалась связь интенсивности прироста оврагов с продолжительностью снеготаяния ($r = 0,363$, $\eta = 0,411$, $\eta^2 = 0,169$) и с максимальными запасами воды в снеге ($r = 0,377$, $\eta = 0,239$, $\eta^2 = 0,057$) (рис. 9). Обращает на себя внимание прямая связь последнего показателя с приростом оврагов до 1997 г., далее до 2002 г. активность роста оврагов существенно снижается, а запасы воды в снеге возрастают, достигнув максимума в 2001 г. Показатель

криволинейности связей почти для всех метеорологических факторов оказался достаточно высоким.

Ведущая роль весеннего стока в развитии оврагов связана с большой ежегодной массой талых вод, подходящих к вершинам оврагов, их продолжительным воздействием – до 10-15 дней и более. При этом интенсивность стока талых вод существенно зависит от накопленных в снеге запасов воды, температурного режима в период снеготаяния, глубины промерзания почв, их влагоёмкости и ряда других факторов. Исходя из проведённого корреляционного анализа установлено, что связь большинства гидроклиматических факторов с интенсивностью оврагообразования носит в большинстве случаев криволинейный характер.

ЛИТЕРАТУРА

Григорьев И.И., Рысин И.И. Применение геоинформационных систем при исследованиях техногенных и сельскохозяйственных оврагов в Удмуртии // Геоморфология. 2009. №1.

Рысин И.И. О современном тренде овражной эрозии в Удмуртии // Геоморфология. 1998. №3.

Рысин И.И., Григорьев И.И. Влияние гидрометеорологических факторов на рост оврагов в Удмуртии // Вестник Удмурт. ун-та. Сер. Биол. Науки о Земле. 2010. Вып. 4.

География овражной эрозии. М.: Изд-во МГУ. 2006.

Зорина Е.Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: Геос. 2003.

Назаров Н.Н. Овражная эрозия в Прикамье. Пермь: Изд-во Пермск. ун-та. 1992.

Овражная эрозия. М.: Изд-во МГУ. 1989.

Овражная эрозия востока Русской равнины. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 1990.

Рысин И.И. Овражная эрозия в Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та. 1998.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1990.

Д.Н. Айбулатов¹, Л.В. Кукунина¹, А.А. Четверова²

1 – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

2 – Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

ФОРМАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ДЕЛЬТОВЫХ ВОДОТОКОВ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ ЛЕНЫ И ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ УЧЕТА ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ВЕЩЕСТВЕННЫХ ПОТОКОВ*

Основные закономерности устьевых процессов в дельте Лены связаны с трансформацией структуры дельтовых водотоков и соответствующим изменением стока воды, наносов, живого вещества, тепла, направленностью развития рукавов.

Для выявления этих особенностей проведена обработка картографических материалов и космических снимков на участок расположения дельты Лены. С учётом рекомендаций впервые определены характеристики структуры дельтовых водотоков в устьевой области реки. Основу этой структуры создают магистральные рукава дельты. Около 42% всех водотоков находятся в системе Трофимовской, 29% – в Туматской, 18% – в Оленекской и всего 11% – в Быковской протоке. В дельте Лены (на космическом снимке SPOT-5 высокого разрешения за межень 2010 г.) функционирует 714 относительно крупных водотоков. Для них характерна пространственная нестабильность вследствие бифуркации русел или слияния рукавов (в дельте имеется 231 узел разветвления и 121 узел слияния рукавов). Максимальное их количество формируется в Трофимовской системе (соответственно 106 и 50), минимальное (25 и 4) – в системе Быковской протоки. Бифуркация русла в дельте Лены проявляется на 5–12 уровнях. Максимальное рассредоточение стока характерно для Трофимовской системы водотоков (число уровней бифуркации русла равно 12), минимальное – для Оленекской (5). Число уровней деления русла находится в прямой зависимости от среднего годового расхода воды в истоках основных магистральных рукавов дельты Лены.

Количество дельтовых водотоков, находящихся между уровнями бифуркации сначала растёт до 120–140 на 7 уровне, а затем резко падает к 12 уровню до 10. Это связано с изменением площадей между уровнями бифуркации, которые сначала растут к 4 уровню, а затем плавно уменьшаются по мере удаления от вершины дельты. Однако густота дельтовых водотоков, выраженная в их количестве на единицу площади, растёт по мере роста уровня бифуркации и приближения к морскому краю дельты. Это говорит о том, что чем дальше находится территория от вершины дельты, тем большее количество водотоков может сформироваться на одной и той же площади, и тем большая трансформация геохимических характеристик будет происходить.

* Работа выполнена при финансовой поддержке российско-германской лаборатории «Полярные и морские исследования» им. Отто Шмидта (проект OSL-12-01 «The study of geochemical processes of the Lena River delta») и частично финансирована РФФИ (проект 12-05-0069).

Обобщение данных экспедиционных работ ААНИИ и МГУ за предшествующие годы позволило оценить изменчивость распределения стока воды по основным рукавам дельты. На основе обобщения опубликованных и новых данных обоснованы корреляционные зависимости между гидравлическими, морфометрическими характеристиками и расходами воды. С учётом этих данных определены условные порядки дельтовых водотоков, позволяющие проследить масштабные эффекты изменения составляющих речного стока (включая химические компоненты) при последовательном уменьшении водоносности дельтовых рукавов вследствие их дробления. Обобщение информации о химическом составе речных вод и русловых отложений в рукавах дельты впервые проведено с учётом изменения их размеров.

Выделение уровней деления позволяет характеризовать изменение стока воды от вершины к морскому краю дельты: дельта Лены является нейтрально-положительной по типу водного баланса, т.к. увеличение стока к Морскому краю дельты (МКД) составляет порядка $4,8 \text{ км}^3/\text{год}$. Рассредоточение водного стока влияет на сток наносов. Часть рукавов отмирает, что приводит к снижению стока наносов и их аккумуляции; наоборот, увеличение стока воды приводит к возрастанию транспортирующей способности потока и эрозии на участке. Дельта Лены характеризуется аккумуляцией речных наносов (примерно 87% из поступающих в вершину дельты наносов задерживается в рукавах и на пойме). Не менее сложный характер носит изменение содержания химических веществ. Изменение содержания главных ионов и микроэлементов от вершины к МКД носит консервативный характер. Для неконсервативных веществ (биогенные элементы, некоторые микроэлементы) трансформация связана не только с изменением стока воды и наносов, но и температурой воды, скоростью течения, биохимическими процессами. Изменения температуры воды и теплового стока носят неоднозначный характер.

А.Ю. Александровский, А.Ю. Солдаткин
Научно-исследовательский центр «МЭИ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КРИВОЙ СВЯЗИ НИЖНЕГО БЬЕФА НА РЕЖИМ РАБОТЫ ВОТКИНСКОЙ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Воткинский гидроузел был введён в эксплуатацию в 1966 г. Его режимы работы были рассчитаны с учётом того, что нижний бьеф водохранилища должен быть сомкнут с верхним бьефом водохранилища Нижнекамской ГЭС. Однако уровень верхнего бьефа Нижнекамской ГЭС так и не был поднят до проектного уровня. В связи с этим в нижнем бьефе Воткинской ГЭС начался размыв грунта, что привело к изменению кривой связи $Z_{НБ}(Q_{НБ})$. Таким образом, современная характеристика $Z_{НБ}(Q_{НБ})$ расположе-

на ниже той характеристики, что была заложена при проектировании. Это привело к необходимости увеличения транспортных и санитарных расходов для поддержания постоянного уровня воды.

Рассмотрим, как изменится режим работы ГЭС при переходе от исходной к современной характеристике $Z_{НБ}(Q_{НБ})$. Расчёт режимов работы проведём для следующих исходных данных: $Q_{пр}=1993 \text{ м}^3/\text{с}$; $Z_{вб}^H=85,44 \text{ м}$; $Q_{гэс}^{р.сут}=1900 \text{ м}^3/\text{с}$; $N_{мин}=190 \text{ МВт}$, $N_{max}=430 \text{ МВт}$.

В результате расчёта получим два подобных режима работы. Как видно, полученный по современной характеристике режим работы более выгоден. Относительный прирост в энергии составляет 6,4%. Таким образом, можно сделать вывод, что изменение характеристики нижнего бьефа ГЭС значительно повлияло на выработку электроэнергии. Её увеличение является следствием увеличения напора. Следовательно, возможные финансовые потери, связанные с увеличением пусков в нижний бьеф могут быть компенсированы увеличением выработки электроэнергии, а также увеличением гарантированной мощности в часы максимального потребления электроэнергии в сети.

Г.Я. Барышников

Алтайский государственный университет

КАТАСТРОФИЧЕСКИЙ СБРОС ПРИЛЕДНИКОВЫХ ОЗЁР АЛТАЯ В ВЕРХНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ*

Исследованию катастрофических явлений и процессов в настоящее время уделяется значительное внимание, поскольку именно они являются основной угрозой для всего человечества. Особое место в этом ряду занимают природные катастрофы, поскольку они мало изучены и, следовательно, часто не предсказуемы. Современные гидрологические катастрофы, аналогичные деятельности пульсирующего ледника Колка на Кавказе, по сути, являются аналогом катастрофического сброса приледниковых вод из древних озёр на Алтае в позднем неоплейстоцене. Поэтому изучение таких явлений, происходящих в прошлом, является не менее важной задачей, чем наблюдаемые события в настоящем. Возможно расшифровка механизма катастрофического сброса огромных масс воды, поможет смоделировать и предупредить современные техногенные катастрофы.

Планомерным изучением геоморфологического строения Горного Алтая исследователи начали заниматься с начала прошлого столетия. Так, террасы Верхней Бии изучались С.А. Яковлевым, Г. Гранэ, А.М. Кузьминым, А.В. Живаго, Е.Н. Шукиной, В.М. Остроумовым и др. С 70-х годов XX в. к этим публикациям добавились и наши разработки (Г.Я. Барышников, В.А. Панычев, Б.Н. Лузгин и др.). С изучением нижнего отрезка доли-

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект №12-05-00919-а).

ны р. Катунь связаны исследования Л.Н. Ивановского, Е.Н. Шукиной, С.Ф. Дубинкина, А.С. Крюкова, О.М. Адаменко, А.М. Малолетко, С.А. Архипова, П.А. Окишева, О.А. Раковец, В.М. Богачкина, Б.А. Борисова, Е.А. Милиной, В.А. Панычева, Г.Я. Барышникова, В.В. Бутвиловского, А.Н. Рудого, С.В. Парначева, А.М. Маринина, В.С. Имаева, Б.Н. Лузгина, И.Д. Зольникова, О.В. Отто и др.

Как отмечал М.Г. Гросвальд, на Алтае впервые для территорий горных стран были найдены следы существования катастрофических сбросов огромных масс воды из ледниково-подпрудных озёр. К таким следам относятся «гигантские знаки ряби». Нами они были обнаружены в долине р. Бии. В.В. Бутвиловским, П.А. Окишевым и А.Н. Рудым – в долинах Башкауса, Чулышмана, Чуи, Катунь и на днище Курайской котловины, то есть на путях возможных сбросов вод из алтайских приледниковых озёр. Именно присутствие этих форм послужило первым указанием на вероятность крупных катастроф на Алтае в неоплейстоцене. В дальнейшем здесь были найдены и другие доказательства озёрных прорывов – водобойные ванны, спиллвеи на перевалах, перемещённые на значительные расстояния, порой до нескольких километров, огромных глыб горных пород, «оторванные» от коренных склонов бортов долин. До недавнего времени наличие таких глыб в долинах рек принималось за свидетельство присутствия ледника. Но расчёты, проведённые А.Н. Рудым, показывают, что при скоростях движения водокаменной массы в 14-20 м/с через створ долины может проходить от 560 тыс. до 1 млн м³/с вещества. Такая скорость обеспечивалась большим перепадом высот (1500 м) днища палеозера над уровнем долин рек при выходе из гор, а также шириной канала стока в том или ином месте долины. Именно это определяло различия в гидрологическом режиме потока и усложняло весь ход процесса.

По мнению М.Г. Гросвальда, такие катастрофы протекали очень быстро, их продолжительность редко превышала 10-15 дней. Зато значение расходов в короткие интервалы кульминаций становилось весьма внушительным. Так, при прорыве современного ледниково-подпрудного озера Мерцбахера на Тянь-Шане максимальный расход достигал 1000 м³/с, при прорывах озера Лейк-Джордж на Аляске превышал 10 тыс. м³/с. В период дегляциации ледников водные запасы приледниковых озёр были огромны и составляли, например, для Чуйской и Курайской системы не менее 1000 км³. Такого количества воды вполне было достаточно для того, чтобы образовались колоссальные потоки с большими скоростями движения и огромными запасами энергии, способной производить значительные изменения в морфологии долин, разрушать на своём пути преграды, переоткладывая гравийно-галечниковый и валунно-глыбовый материал, создавать условия для подпруживания в боковых притоках.

Совершенно очевидно, что речные долины – это не каналы со строгой линейностью. Имея большое количество изгибов и резких поворотов, водные потоки, в том числе и катастрофические, на отдельных участках уменьшали скорости течения, а на других, наоборот, увеличивали. Довольно

часто плановый рисунок основной реки и её притоков характеризовался тем, что изгибы и направления долин притоков оказывались на одной прямой. Естественно, огромные массы воды с включёнными в них обломками горных пород беспрепятственно проникали в притоки, разрушая всё на своем пути.

Как отмечал И.Д. Зольников, проблема гигантского стока на равнине при отсутствии ледниково-подпрудного бассейна в позднем неоплейстоцене на отметках, которые могли бы обеспечить полноводность долин юга Западной Сибири, решается в рамках концепции о гигантских гляциальных паводках с гор Алтая на Предалтайскую равнину. Тем не менее, становление новой палеогеографической концепции проходит в обстановке острой критики и дискуссий. Особо обсуждается проблема образования полей «гигантских знаков ряби», описанных нами в долине р. Бии и в низовьях р. Катунь, в районе с. Платова, А.Н. Рудым – в Курайской котловине и других местах.

Аналогичные образования имеются и в межгорных котловинах Тувы, а также в долинах верхнего течения Енисея. А.С. Лаврушин и Л.М. Потапенко отмечали подобные знаки ряби в бассейне р. Печоры. Следы селевых водных потоков обнаружены в областях современного четвертичного оледенения Гренландии и Шпицбергена. С.К. Кривоногов отметил отложения гляциальных суперпаводков в Прибайкалье. Условия переноса крупных валунов суперпаводками были описаны П.А. Карлингом в Пеннинских горах и Г.Х. Эйсбахером в отрогах скалистых гор Северной Америки.

Таким образом, идеи о существовании катастрофических сбросов вод из приледниковых озёр, высказанные по материалам геоморфологических исследований на Алтае, были восприняты мировой научной общественностью и нашли подтверждение в других горных сооружениях мира. Тем не менее, многие вопросы не нашли своего разрешения, к которым можно отнести определение объёма воды в подпрудных приледниковых озёрах, количество взвешенных наносов в суперпаводке, способного заполнить достаточно широкие долины магистральных рек Горного Алтая рыхлым материалом и пр. Решение поставленных проблем, с последующей детализацией работ, позволит значительно приблизиться к разрешению многих спорных вопросов в геоморфологическом строении Алтая.

Н.Б. Барышников, Е.С. Субботина, Е.А. Поташко, К.С. Бурцев
Российский государственный гидрометеорологический университет

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСЧЁТНЫХ УЧАСТКОВ РУСЕЛ И ПОЙМ

Известно, что морфологическое строение расчётного участка определяет гидравлику потока на нём. Особенно чётко это проявляется в периоды пропусков половодий и паводков по затопленным поймам. Действительно, как показали исследования РГГМУ, пропускная способность русел с поймами определяется особенностями морфологического строения участка,

на котором располагается расчётный створ. Если морфометрические характеристики речных русел давно и успешно применяются в различных расчётах, то проблема морфометрических характеристик пойм и особенно участка, как правило, расположенного между двумя узлами «четки», далека от этого решения. В то же время именно эти характеристики необходимы при расчётах средних скоростей и расходов руслопойменных потоков. Введение в качестве такой характеристики угла α между динамическими осями взаимодействующих потоков, приравниваемого углу между геометрическими осями русла и поймы, в значительной степени помогло решить проблему применения этой характеристики для расчётов уравнения движения потоков с переменным по длине расходом воды. Однако одной этой характеристики явно недостаточно. К сожалению, известные характеристики пойм, такие как длина излучин, угол их разворота и др. являются недостаточно информативными, а такие характеристики как ширина, глубина и площадь сечения пойменных потоков имеют очень сложную зависимость от уровней воды. Они могут быть использованы в расчётах только при условии деления потока на отдельные фрагменты. Это требует значительной детализации данных о пойменных потоках, что не реально в условиях быстрого прохождения половодий.

Поэтому вопрос разработки таких морфометрических характеристик остаётся нерешённым, а его решение крайне необходимо. Это, в частности обусловлено необходимостью совершенствования методов расчётов пропускной способности русел с поймами. Известно, что такие расчёты, основанные на концепции равномерного движения, т.е. – на формуле Шези, несовершенны и приводят к большим погрешностям, значительно превышающим допустимые пределы. Исходя из этого, в РГГМУ были проведены экспериментальные исследования, направленные на выявление воздействия эффекта взаимодействия потоков на гидравлику руслопойменного потока. Они выполнялись на модели русла с односторонней как гладкой, так и шероховатой поймами при расходящихся и сходящихся осях взаимодействующих потоков. Измерения параметров потоков производились на трёх створах: входном и расположенных на расстоянии 3,5 и 7 м от него.

Анализ результатов измерений позволил выявить зависимости инерционных членов ε_1/L и ε_2/L уравнения движения потока с переменным по длине расходом воды от угла α и глубин потоков, т.е. от морфометрических характеристик расчётного участка и руслового потока. Это позволило получить расчётные зависимости поправочного коэффициента β к средним скоростям руслового потока, определённым по формуле Шези.

Контрольные расчёты, выполненные на основе натурных данных по пяти рекам, показали высокую эффективность разработанной методики. Погрешности расчётов снизились примерно на 30%.

ДОННЫЕ НАНОСЫ

Проблема измерений и расчётов расхода и стока донных наносов имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение. Наличие сведений о них является одним из факторов, определяющих надёжность проектирования гидротехнических сооружений при наименьших затратах на них. К сожалению, до настоящего времени отсутствует надёжная методика их измерений в натурных условиях. Такое положение привело к разработке многочисленных формул для их расчётов (свыше 200), как правило, основанных на данных лабораторных измерений в узких гидравлических лотках. К сожалению, оценка этих формул, в частности выполненная сотрудниками ГГИ, показала их низкую эффективность, особенно при бесструктурной форме перемещения наносов.

Анализ данных натурных и лабораторных измерений позволил вскрыть основные причины низкой эффективности большинства этих формул. В первую очередь к ним относятся неучёт влияния следующих факторов: 1) эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков; 2) эффекта пространственности режима потока; 3) соотношения транспортирующей способности потока и расхода наносов.

Рассмотрим более детально их воздействие. Большинство рек России – равнинные. Половодья на них, как правило, проходят по затопленным поймам. При этом и возникает эффект взаимодействия руслового и пойменного потоков, приводящий к резкому, в сотни раз, увеличению транспортирующей способности руслового потока именно в тот период, когда в русла рек из их бассейнов поступает наибольшее количество наносов. В то же время на спаде половодья система поток-русло вновь перестраивается таким образом, что транспортирующая способность руслового потока под воздействием пойменного снижается в десятки раз. В этом особенно значительно проявляется процесс саморегулирования в системе бассейн - речной поток - русло. Действительно, в период подъёма уровней в речные русла из бассейна поступает такое большое количество наносов, что несмотря на резкое увеличение транспортирующей способности, значительная их часть откладывается на перекатах. На спаде половодья, когда в речные русла поступает малое количество наносов, система вновь перестраивается и резко уменьшает транспортирующую способность руслового потока. Несмотря на это, недостающая часть расхода наносов поток добывает, размывая гребни перекатов. Как показали экспериментальные исследования РГГМУ, большую роль при этом играет морфологическое строение участка измерений. Действительно, исследования на модели русла с односторонней поймой позволили получить графическую зависимость вида $G=f(h_p, \alpha)$. Зависимости, соответствующие растеканию масс жидкости по пойме, располагаются вправо от соответствующей кривой, но для изолированного потока, т.е. в сторону

увеличения расходов наносов. При спаде уровней, когда массы пойменного потока тормозят русловой поток, соответствующие кривые располагаются левее кривой для изолированного руслового потока, т.е. в сторону уменьшения расходов донных наносов. При этом эти отклонения тем больше, чем больше угол α расхождения или схождения динамических осей взаимодействующих потоков.

Второй фактор основан на необходимости учёта трансформации поля скоростей в узких лотках при $B/h < 10$, приводящий к увеличению донных скоростей при одинаковых их средних значениях.

Третий фактор – это различие понятий *расход наносов* и *транспортирующая способность потока*, приводящий к условию небаланса наносов, т.е. практически в течение всего гидрологического года транспортирующая способность руслового потока больше расхода наносов и только в отдельные периоды наблюдается их равенство.

**В.Р. Беляев¹, О. Эввар², В.Н. Голосов¹, Н.Н. Иванова¹, М.В. Маркелов¹,
К. Отгле², Е.Н. Шамшурина¹, Н. Ли Сун Шун², Т.А. Парамонова¹**

1 – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

*2 – Лаборатория наук о климате и окружающей среде Национального
центра научных исследований Франции*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ И МЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОЧВЫ ПАХОТНЫМИ ОРУДИЯМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ БАЛАНСА НАНОСОВ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОРБИРУЕМЫХ ИМИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В БАССЕЙНЕ МАЛОЙ РЕКИ*

Антропогенно ускоренная эрозия почв на сельскохозяйственных землях способствует возникновению ряда существенных проблем, связанных с ухудшением состояния окружающей среды. Наряду с водной и ветровой эрозией почв, большое значение для локального перераспределения почвы на склонах в пределах отдельных участков пашни играет медленное смещение пахотного горизонта вниз по склону в результате механического воздействия на него различных орудий сельскохозяйственной обработки. Результаты проведённых исследований указывают, что вклад этого процесса в трансформацию почвенного покрова на обрабатываемых склонах сопоставим, а в ряде случаев и превышает вклад водной эрозии и аккумуляции. Тем не менее этот процесс, зачастую, не учитывается при количествен-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты РФФИ-НЦНИ 09-05-91057, РФФИ 10-05-00385, РФФИ 10-05-00357), программы Президента РФ для поддержки молодых учёных – кандидатов наук (проекты МК-8023.2010.5 и МК-1221.2012.5) и программы Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-79.2012.5).

ной оценке интенсивности перераспределения почвы на сельскохозяйственных землях.

В предлагаемой работе приводятся результаты количественной оценки интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов на обрабатываемых склонах бассейна р. Локны (177,7 км², малая река в бассейне р. Упы, Плавский район Тульской области) с использованием полевых методов исследования и расчётов по двум различным моделям, одна из которых дает возможность оценивать отдельно вклад поверхностного стока и перемещения пахотного горизонта сельскохозяйственными орудиями в суммарное перераспределение почвы. Использовались модели LANDSOIL (усовершенствованная версия модели STREAM, включающая модуль расчета перемещения пахотного горизонта сельскохозяйственными орудиями) и адаптированная USLE/ГГИ. Оценка проводилась для периода после 1986 г., что определялось основной целью исследования – оценкой трансформации под влиянием эрозионно-аккумулятивных процессов первоначального поля загрязнения территории радиоактивным ¹³⁷Cs после аварии на Чернобыльской АЭС. Расчёты проводились для всей пашни в бассейне р. Локны с учётом её динамики в последние десятилетия, установленной на основании анализа статистической информации, топографических карт и космических снимков. Для типичных склонов по трансектам проводилось сравнение результатов расчётов по моделям с оценками интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов полевыми методами – радиоцезиевым и почвенно-морфологическим.

Сравнение результатов расчётов по двум моделям показало, что они дают близкие величины и пространственное распределение зон смыва почвы на эродированных участках пахотных склонов. Однако модель LANDSOIL даёт, по-видимому, несколько завышенные величины переотложения наносов внутри пашни (что связано, вероятно, с недостатками использованной при расчётах цифровой модели рельефа), тогда как модель USLE/ГГИ этот процесс не учитывает. В результате был получен достаточно большой разброс величин среднегодового смыва – 3,6 т/га/год и 13,8 т/га/год соответственно. Близкая к реальности картина, полученная по модели LANDSOIL для перераспределения почвы сельскохозяйственными орудиями, подтверждается нулевым балансом вещества внутри отдельных участков пашни. При этом, местами интенсивность этого процесса весьма велика (до 4,3 т/га/год для эродируемых участков и до 9,0 т/га/год для зон аккумуляции). Расчёты темпов перераспределения почвы на основе использования радиоцезиевого и почвенно-морфологического методов дали величины среднегодовой интенсивности (оба метода дают интегральную оценку как водной, так и механической эрозии или аккумуляции) в диапазоне между значениями, полученными по моделям.

На основании проведённых исследований с использованием набора методов для всего бассейна р. Локны был оценен снос, переотложение и вынос рыхлого материала с пахотных склонов, его поступление в верхние звенья балочно-долинной сети и вычислены коэффициенты доставки нано-

сов в долины разного порядка. Это позволило в первом приближении оценить баланс наносов бассейна р. Локны. Кроме того, на основе информации о характерных концентрациях ^{137}Cs в почве и отложениях на разных геоморфологических позициях, была оценена трансформация первичного поля радиоактивного загрязнения территории изотопом ^{137}Cs , обусловленная его перераспределением вместе с наносами в результате проявления эрозионно-аккумулятивных процессов, с учётом радиоактивного распада за период после 1986 г.

К.М.Беркович¹, С.Ю.Ившин², Л.А.Турькин¹, Л.В. Злотина¹

1 – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

2 – Удмуртский государственный университет

УЧЁТ СОВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ РУСЛА РЕКИ КАМЫ НИЖЕ ВОТКИНСКОГО ГИДРОУЗЛА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ДОБЫЧИ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

Детальные натурные гидрологические и русловые исследования р. Камы в нижнем бьефе Воткинской ГЭС (17-32 км от плотины) выполнены в 2008 и 2011 гг. Цель работы состояла в следующем: 1 – оценка допустимости русловой добычи песчано-гравийного материала (ПГМ) на исследуемом участке Камы; 2 – определение характера и масштаба последствий разработки русловых карьеров для экологического состояния реки; 3 – разработка рекомендаций по уменьшению неблагоприятного воздействия добычных работ на русло реки, в частности, определение допустимых объёмов добычи ПГМ, а также расположения блоков добычи в пределах месторождения.

Гидрологический режим Камы на исследованном участке зарегулирован Воткинским гидроузлом, что обуславливает редкую повторяемость высоких половодий, преобладание низких уровней воды, малую мутность потока. В течение навигационного периода преобладают расходы воды 1000-1300 м³/с. При этом мутность потока составляет около 5 г/м³. На участке исследований впадает правобережный приток – р.Сива.

Русло реки образует адаптированные излучины, чередующиеся с прямолинейными отрезками. У правого берега располагаются небольшие острова – Журавлик, Сивинский, Докшанский, которые отделяются от берега маловодными отмирающими протоками. В одну из проток (за островом Сивинским) впадает р. Сива. В низкую межень сток воды из р. Сивы распределяется по протоке Сивинского острова неравномерно: основная часть стока (83%) направляется в верхнюю часть протоки. При более высоких горизонтах воды в Каме сток Сивы делится между верхней и нижней частями протоки приблизительно поровну.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 11-05-00179.

Регулирование стока воды и наносов в течение 45 лет обусловили развитие глубинной эрозии. Она развивается неравномерно по длине бьефа. Наибольшие размывы приурочены к приплотинному участку, где среднее понижение дна превышает 1,2 м. Анализ показывает, что скорость продвижения фронта глубинной эрозии составляла около 0,5 км/год. В настоящее время граница зоны преобладания размыва находится в пределах участка работ в 21 км от плотины; ниже располагается зона разнонаправленных деформаций с преобладанием аккумуляции (21-32 км). Величина врезания в 17-21 км от плотины составляет примерно 0,6 м. Если оценивать весь участок работ, то за 2007-2011 гг. на нём преобладает незначительная аккумуляция руслообразующих наносов, выражающаяся в слое 10-12 см.

Для исследованного участка Камы характерно интенсивное развитие горизонтальных деформаций. Средние скорости отступления пойменных берегов и островных яров составляют 4-6 м/год, максимальные – 10-13 м/год. Следствием боковой эрозии является сокращение площади трёх представленных на участке островов. Пойменные берега р. Сивы за последние 11 лет размываются со скоростью 2,7-3,6 м/год.

Размывы берегов, сложенных супесчаным, песчаным и песчано-гравийным материалом, являются важным источником руслообразующих наносов, к которым относятся частицы крупнее 0,1 мм. С одного километра русла в реку поступает в среднем 23 тыс. м³ руслообразующих наносов в год. Анализ показал, что в целом по участку исследования в состав русловых наносов поступает больше материала, чем аккумулируется в виде русловых форм, т.е. происходит расширение русла, хотя и медленное. Это характерно для ряда нижних бьефов, где в составе руслового аллювия присутствует значительная доля гальки и активно формируется отмостка. Русловые отложения Камы характеризуются относительно крупным гранулометрическим составом. Они образованы песками, гравием и галькой (в основном мелкой). Средневзвешенный диаметр русловых отложений составляет 10,6 мм, а песчано-гравийной смеси – 1,1 мм.

Объём стока руслообразующих наносов в 25 км от плотины, согласно расчету и измерениям параметров гряд, составляет 560 тыс. т, из которых около 25% приходится на взвешенные (крупностью более 0,1 мм).

Карьеры, разрабатываемые в русле реки, по своему расположению и влиянию на морфологию русла, транспорт наносов и экологическое состояние можно разделить на русловые и прирусловые (прибрежные). Первые размещаются непосредственно в русле в пределах его меженных границ. Вторые – на побочниках, а также во второстепенных протоках за островами (воложках) и затонинах.

Главный принцип, определяющий допустимую величину безвозвратного изъятия ПГМ из русла реки, состоит в том, что суммарный ежегодный объём добычи из отдельного руслового карьера не должен превышать величины годового стока руслообразующих наносов на данном участке реки. Негативные последствия для русла минимальны в том случае, когда карьер заносится в течении 1-2 лет.

Применительно к прирусловому карьеру допустимая величина добычи ПГМ может определяться исходя из площади разрабатываемой формы рельефа (побочня, острова) с обязательным сохранением её основных элементов и естественной конфигурации так, чтобы исключить возможность перехвата основного русла реки и разрушения сопряжённых форм рельефа. Например, приверх побочня и его речная часть должны быть оставлены нетронутыми, а при разработке прибрежной протоки следует перекрывать дамбой её исток.

Принципы организации предполагаемой добычи ПГМ определяются исходя из направленности русловых деформаций: на участке глубинной эрозии (17-21 км) возможна только строго регламентированная разработка прирусловых месторождений в воложках о-вов Журавлик и Сивинский. На участке с умеренной аккумуляцией (21-32 км) допустима ограниченная добыча ПГМ из русла Камы, а также разработка прируслового месторождения в протоке за о-вом Докшанским.

Во всех случаях разработки месторождений ПГМ необходимым условием является регулярный мониторинг русловых процессов. База натурных данных, формирующаяся на основе мониторинга, позволяет своевременно выявить возникновение опасных тенденций, скорректировать объем добычи в соответствии с объёмом стока наносов, водностью конкретного года и проявляющихся последствий, а также выработать защитные мероприятия.

В.П. Бондарев, В.Р. Беляев, Н.Н. Иванова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДОСТАВКИ НАНОСОВ СО СКЛОНОВ В ДОЛИНУ РЕКИ (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА р. ЛОКНА)*

Одним из перспективных путей оценки поступления наносов со склонов водосбора в долину и русло реки или временного водотока служит комплексный бассейновый подход, который включает в себя несколько этапов. В первую очередь, создается морфометрическая картосхема изучаемого водосборного бассейна и оцениваются морфометрические параметры склонов, с которых происходит поступление наносов. Далее, опираясь на полученные данные и используя одну из эрозионных моделей, нужно рассчитать количество наносов, поступающих в долину с каждого склона в отдельности и всех склонов вместе. При этом наибольшую сложность представляет не оценка мобилизации наносов на эродируемых частях склонов (эта задача

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты РФФИ-НЦНИ 09-05-91057, РФФИ 10-05-00385, РФФИ 10-05-00357), программы Президента РФ для поддержки молодых ученых – кандидатов наук (проект МК-8023.2010.5) и программы Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-3284.2010.5).

с той или иной точностью решается многими расчетными моделями), а определение их переотложения на различных промежуточных рубежах стока по пути транспорта и вычисление результирующего коэффициента доставки в принимающую долину (эта задача не решается расчетными моделями без привлечения данных полевых исследований на ключевых участках). Наконец, с помощью некоторого маркера следует оценить адекватность эрозионной модели процессам, происходящим на реальных склонах.

Ключевым участком для комплексного анализа склоновой составляющей трансформации первичного поля загрязнения был выбран водосборный бассейн р. Локна (площадь водосбора 174,8 км², длина главной долины около 25 км), левого притока р. Плавы, впадающего в неё непосредственно в г. Плавске.

Проведенные исследования дали основания получить следующие результаты. Большая часть элементарных склонов в водосборном бассейне р. Локна (62%) имеет первый порядок. С возрастанием порядка количество склонов уменьшается и на уровне четвертого-пятого порядка не превышает четырех процентов. Общая площадь склонов в бассейне составляет 174,8 км², а распределение площадей склонов разных порядков примерно соответствует их распределению по количеству: наибольшая суммарная площадь (58%) соответствует первому порядку, далее она убывает и на уровне четвертого-пятого порядка составляет 5-7%. Средняя площадь элементарных фасеток составляет 0,14 км². При этом средние площади склонов первых трех порядков приблизительно одинаковы. Вероятно, это связано со стабилизацией структуры верхних звеньев гидрографической сети в современных ландшафтно-климатических условиях. В тоже время на последних порядках происходит увеличение средней площади. Обращает на себя внимание структура уклонов склонов (линий стока) – увеличение уклонов с возрастанием порядка. Можно предположить, что склоны 4-5 порядка имеют больший потенциал развития линейной и плоскостной эрозии. Об этом же свидетельствует и возрастание средней величины фактора рельефа эрозионной модели (LS-фактора) с ростом порядка склона от 1 до 2.

На основе полученных морфометрических данных, с помощью модифицированной модели Г.А. Ларионова (1993) проведена количественная оценка потенциального смыва со склонов. Согласно расчетным величинам средняя величина смыва с пара с элементарной склоновой фасетки составляет 46,2 т/га/год и возрастает с увеличением порядка (от 38,0 т/га/год до 72,6 т/га/год), что отражает увеличение длин линий тока и крутизны склонов для фасеток более высоких порядков. Для того, чтобы понять реальный вклад склоновой эрозии в баланс вещества в пределах водосборного бассейна, была проведена оценка смыва со склонов находящихся в условиях типичного для этой территории севооборота. Количество наносов со склонов в этом случае сокращается. Величина смыва с элементарной склоновой фасетки колеблется в интервале от 17,2 до 33,3 т/га/год.

Оценивался также суммарный смыв со всех склонов определенного порядка. Суммарный смыв со всех склонов водосборного бассейна р. Локна

в случае полной распашки по используемой расчетной зависимости составляет 56822,0 т/год, а в случае типичного севооборота это значение сокращается до 27184,7 т/год, т.е. более чем в 2 раза. Структура смыва в процентном соотношении по порядкам остается приблизительно одинаковой, как для пара, так и для типичного севооборота. Со склонов первого порядка (62% от общего числа склонов) поступает в долину 50-53% всего смытого материала (30315,3 т/год), второй порядок дает 24-26%, в то время как последние три порядка дают не более 13% каждый.

Выяснив закономерности поведения усредненных величин целесообразно провести ранжирование эрозионных процессов на склонах водосборного бассейна по всей территории. Для этого были выбраны следующие показатели: а) LS-фактор; б) потенциальная интенсивность смыва почвы с поверхности пашни под паром; в) потенциальная интенсивность смыва почвы с поверхности пашни для типичного севооборота.

Значения LS-фактора были разбиты на шесть интервалов, с использованием равномерной шкалы с шагом 0,5. Большая часть склонов характеризуется величиной фактора рельефа до 1,5. Это объясняется высокой долей элементарных склоновых фасеток первого, второго и третьего порядков, у которых средняя величина LS-фактора колеблется от 1,0 до 1,5. Около 33% от общего числа элементарных склонов бассейна характеризуются значениями эрозионного фактора рельефа более 1,5, т.е. по геоморфологическим условиям являются наиболее эрозионно опасными.

Для оценки эрозионной опасности использовались интервалы значений смыва из несколько модифицированной классификации М.Н. Заславского (1979). В случае полной распашки территории 77% от общего числа элементарных склоновых фасеток имеет эрозионную опасность, колеблющуюся от очень сильной до крайне катастрофической (свыше 20,1 т/га/год). В то время как в случае с типичным севооборотом происходит снижение их числа до 44%.

Расчетные величины предельных значений смыва почвы с элементарных склоновых фасеток были сопоставлены с результатами оценки перераспределения почвы радиоцезиевым методом для 2 склоновых профилей, на которых проводились полевые исследования состояния почвы и интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов. Поскольку используемая версия расчетной модели не позволяет оценивать внутрисклоновое переотложение наносов, из исследованных в поле участков склонов были выбраны для сравнительного анализа такие, на которых этот процесс наименее развит в силу морфологии продольного и поперечного профиля, а также небольшого размера искусственной пахотной террасы (напаша) вдоль нижней границы пашни.

Оказалось, что сходимость результатов расчета по ЭММ и радиоцезиевого метода существенно лучше для более простого короткого рассеивающего склона. Здесь оба метода дают близкие величины средней интенсивности смыва по всей длине склона (13,5 и 11,4 т/га/год) и максимальной интенсивности смыва на склоне (39,9 и 46,4 т/га/год) по ЭММ и по радиоце-

зиевому методу соответственно, а также практически идентичную картину изменения интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов вдоль склона. Для более сложного по морфологии длинного выпуклого склона расчетная модель дает более высокие интенсивности смыва. Кроме того, существенно отличается картина изменения интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов вдоль склона.

В целом, сопоставление результатов расчета по модели с радиоцезиевым методом показывает адекватность отображения моделью общей картины изменения интенсивности смыва почвы вдоль склонов, при некотором завышении осредненных по участкам склонов темпов смыва. Это необходимо учитывать при проведении классификации склонов и районирования территории по интенсивности смыва почвы на пахотных склонах на основании расчета по ЭММ. Наиболее близкие к результатам полевых методов расчетные оценки получаются для простых по морфологии склонов. Для более сложных склонов необходима проверка расчетных оценок на ключевых участках для учета вероятного завышения интенсивности смыва.

Д.В. Ботавин, А.К. Ильясов, В.Н. Коротаев

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ РУКАВОВ И МОРСКОГО КРАЯ РЕЧНЫХ ДЕЛЬТ (НА ПРИМЕРЕ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ)*

До недавнего времени основными документами для определения динамики речных русел и морского края речных дельт были топографические карты, лоции и аэроснимки. В 90-х годах прошлого столетия появились новые возможности изучения динамики природных объектов с использованием ГИС-технологий и спутниковой информации.

В качестве природной модели для изучения динамики рукавов и морского края речных дельт были использованы некоторые ключевые участки дельты Волги. На основе космических снимков *SPOT 5* (2006 г.), *IKONOS* (2010 г.), полученных по проекту «Геопортал МГУ»**, топографических карт масштабов 1:100 000 и 1:50 000 (1961 и 1977 гг. издания) и лоции 1917 г. составлены обзорные геоморфологические карты и схемы динамики на следующие участки: 1) исток рукава Бузан; 2) Дурновский узел; 3) истоки рукавов Кривая и Прямая Болда; 4) исток рукавов Ст. Волга и Бахтемир; 5) Харбайское колено; 6) порт Оля и 7) узел Зеленга-Маково. На основе совмещения картографической основы и космических снимков были подсчитаны скорости эрозионно-аккумулятивных процессов в узлах разветвления дельтовых рукавов и площади аккумуляции на морском крае дельты.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00193) и гранта президента России по поддержке ведущих научных школ (НШ-79.2012.5).

** Адрес в Интернете: <http://www.geogr.msu.ru/science/projects/geoportal/>

При привязке топографических карт и лоций, имеющих неизвестную координатную систему и проекцию, использовались современные данные дистанционного зондирования, которые имеют орбитальную привязку в системе координат WGS'84 и проекцию UTM. При совмещении разновременных материалов выбирались опорные точки антропогенного характера, не меняющие своё положение во времени. Использовались также условно жёсткие природные характерные границы, например, растительность или мелкие водотоки, имеющие сравнительно малую динамику горизонтальных русловых деформаций.

На основе совмещения разновременных топографических карт и лоций с космическими снимками были получены следующие результаты по направленности и скорости эрозионно-аккумулятивных процессов в дельте Волги: за 90 лет (1914–2006 гг.):

1) В истоке рукава Бузан произошла мощная аккумуляция вдоль правого берега (от 720 до 880 м). Остров Дедов Осерёдок сместился из центральной части русла и причленился к правому берегу. Левый берег в истоке Бузана оставался стабильным, но на левом берегу р. Волги перед заходом в Бузан отмечена аккумуляция (от 320 до 400 м).

2) На Дурновском участке рукава Волга произошло смещение русла и размыв левого берега вследствие формирования правобережной косы у о. Большого. Берег вдоль о. Джиргак размывался в полосе шириной от 200 до 500 м. Берег в районе пос. Растопуловка размывался от 100 до 200 м на расстоянии 2 км. Дурновская воложка, следующая вдоль коренного правого берега, оказалась заполненной речными наносами и в настоящее время отмирает.

3) В узле разветвления рукава Волга на Ст. Волгу и Бахтемир сформировался аккумулятивный выступ. На входе в рукава Бахтемир и Ст. Волга также наблюдается незначительная аккумуляция на выпуклых берегах и слабый размыв вогнутых участков берега в пределах пологих излучин. Наибольший размыв приурочен к правому берегу в районе завода «Красные Баррикады», где за последние 90 лет разрушен участок берега шириной 50 м.

4) На Харбайском участке рукава Бахтемир произошёл повсеместный размыв пойменных берегов ниже истока протоки Талыча с обеих сторон русла от 20 до 100 м. На оголовке пойменного острова между протокой Талыча и ерика Гаванный и на ухвостье пойменного острова в узле слияния проток Подстепок и Бахтемир размыв достигал 200 м. Средняя скорость размыва пойменных берегов в целом по участку составила около 2 м/год, максимальная – около 6 м/год;

5) Сопоставление разновременных космоснимков и лоции на район порта Оля показало, что за период 1914–2006 гг. здесь произошло заполнение речными наносами ильменей Чокорова и Забурунного и выдвижение морского края дельты в среднем на 6 км. Площадь прироста суши составила около 100 км².

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И МОРФОЛОГИЯ БОЛЬШОЙ ИЗЛУЧИНЫ ДОНА

Под Большой Донской излучиной понимается огромная, почти 200 км длины, «подкова» Среднего Дона между устьями рр. Хопра и Цимлы. Как неоднократно указывалось различными исследователями, эта излучина 1-го порядка очерчивает юго-восточную часть Воронежской антеклизы.

Большая излучина Дона может быть в плане сопоставлена с юго-восточным погружением Воронежской антеклизы. Нами, совместно с И.С. Трофимовой, предложена иерархия Среднедонских излучин. Большая излучина может быть отнесена к категории мегаизлучин. В свою очередь она разбивается на ряд мезо- или макроизлучин, также связанных со средними и мелкими тектоническими структурами. Так, И.С. Трофимова выделяет Саушкинско-Верховскую макроизлучину, приуроченную к одноимённым локальным структурам. Ранее мы её именовали «Средней излучиной Дона». Крайний восточный выступ Донской долины мы именуем Малой излучиной. Эта макроизлучина связана с местными тектоническими структурами.

Возникает вопрос, почему Дон, устремляясь на юго-восток, не стал притоком Волги, что было бы логичным. Анализируя топографию этих великих русских рек, видим как Дон, отвернувшись от Волги, устремился к Азовскому морю. Отчасти это можно объяснить тем, что в плейстоцене уровень Азово-Черноморского бассейна хотя и менялся более энергично, но для размыва перемычки Волго-Донского междуречья просто не хватило геологического времени, также отчасти это можно объяснить и тем, что Дон оказался по сравнению с Волгой менее водоносным, на порядок меньше неё. Тем не менее, не найдя удовлетворительного объяснения, констатируем уникальность сформировавшегося рисунка междуречья.

Долина Дона древняя, гораздо древнее Волжской, она имеет миоценовую, плиоценовую и плейстоценовую генерации. Рассмотрение каждой из них является предметом особой статьи. Мы коснёмся только морфологии плейстоценовой долины Дона. Она чётковидная, в расширенных местах достигает 20-30 км (Арчединско-Донские и Цимлянские пески), а в суженных – до 8 км. Эти сужения и расширения имеют тектоническую природу.

Прежде всего, обращает на себя внимание сужение в створе Верховской, Саушинской и Арчединской структур, где долина Дона пересекает Доно-Медведицкий вал. Второе характерное сужение находится у городов Цимлянска и Волгодонска, где долины пересекают погребённый вал Карпинского. В расширениях сформировалась пойма и 2-3 надпойменных террасы. Абсолютная высота их 90; 80; 70 метров. Встречая тектонические преграды, Дон с трудом их преодолевал и был вынужден блуждать в латеральном направлении.

Расширенные участки врезаются в флювиогляциальную равнину максимального Донского раннеплейстоценового оледенения. Это Арчединско-Донские пески – ландшафтный феномен Средне-Донского региона. Их взбуренная ветром поверхность достигает абсолютных отметок +100 м. Это интрозональный полупустынный ландшафт в степном регионе. То же, но только в несколько уменьшенном виде представляет собой ландшафт Цимлянских песков. Две указанные надпойменные террасы геологами и геоморфологами коррелируются с Московским и Валдайским оледенением, но они по своему строению отвечают нормальному равнинному аллювию. Наконец, пойма – луговая, частично облесённая классическая территория речной долины с её сенокосами, травами, пойменными озерами. Её ширина зависит как от тектонических условий, так и от пойменного процесса; здесь характерны врезаемые меандры, притеррасные (по В.В. Докучаеву) речки, небольшие болотистые участки. Ширина поймы достигает 5-6 км, например, в створе станицы Трехостровской, а её относительная высота – 5-7 м.

В таблицах 1 и 2 приведены данные гранулометрии аллювия низких террас Дона и Хопра. Пробы отобраны А.Н. Ярыгиным (табл. 1) и И.С. Трофимовой (табл. 2).

Таблица 1. Гранулометрический состав аллювия низких террас Дона и Хопра, %

№	№ скв.	Диаметр частиц, мм								Наименование грунта по ГОСТ 25100-95
		> 2	2 – 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,10	0,10 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,005	
1	Дон-1			0,7	20,0	60,3	18,5	0,3	0,2	песок мелк.
				0,7	22,7	63,5	13,1			
2	Дон-2			1,4	30,9	58,0	9,7			песок мелк.
3	Дон-3			0,1	31,9	56,6	11,4			песок мелк.
4	Хопер					92,5	7,5			песок мелк.

Таблица 2. Гранулометрический состав аллювия низких террас Дона и Хопра, %

№	№ скв.	Диаметр частиц, мм								Наименование грунта по ГОСТ 25100-95
		> 2	2 – 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,10	0,10 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,005	
1	Старица у ст. Качалинской			3,54	8,32	25,16	17,58	32,2	5,15	песок мелк.
2	Промойна на противоположной стороне Дона			4,61	29,68	50,82	9,08	2,26	1,29	песок мелк.
3	Дон у переправы			0,20	0,20	82,74	13,29	0,97	1,62	песок мелк.

Нами проведён гранулометрический анализ аллювия низких террас и поймы большой Донской излучины по двум непротяжённым профилям: 1) по субмеридиану ст. Верховской; 2) по широте ст. Трехостровской – Качалинского санатория (совместно с И.С. Трофимовой).

Взятые образцы аллювия поймы, 1 и 2 надпойменных террас не выявили значительных различий. Пески в основном, мелко- и среднезернистые: первая фракция преобладает. Все это свидетельствует об ослаблении эрозионно-аккумулятивного процесса в позднем плейстоцене и в раннем голоцене, однако, в позднем голоцене наблюдается некоторое усиление горизонтальной эрозии, о чём свидетельствуют глубокие врезы пойменных притеррасных речек, столь хорошо картографируемые дистанционными и наземными методами.

Значение данных исследований заключается как минимум в двух аспектах: 1) для оценки общей геоэкологической ситуации природопользования в районе Среднего Дона; 2) для развития туристической рекреационной деятельности в создаваемых здесь особо охраняемых территориях статуса ландшафтных или природных парков.

С.В. Будник

Житомирский национальный агроэкологический университет

МУТНОСТЬ И pH ВОДЫ В СКЛОНОВЫХ ВОДОТОКАХ ПРИ СНЕГОТАЯНИИ

Мутность и pH воды являются одними из наиболее важных характеристик состояния и качества воды. Мутность воды наряду с глубиной размыва является основной характеристикой интенсивности эрозионной деятельности водных потоков. Предшествующие исследования показали зависимость интенсивности размыва от состава воды.

Задачей настоящих исследований было определить особенности взаимосвязи pH среды на мутность склоновых водотоков, формирующихся при снеготаянии.

Наблюдения за формированием склонового стока при снеготаянии проведены в различные годы (1996-2011 гг.) в разных природных зонах (степная и лесостепная) на различных агрофонах и почвенных разностях. Общее количество комплексных измерений составляет 431. Диапазон изменения расходов воды составил $4,3 \cdot 10^{-6}$ - $0,171 \text{ м}^3/\text{с}$, мутности воды – $0,0$ - 100 кг/м^3 , pH воды – $5,7$ - $8,5$. Наименьшие pH воды наблюдались на чернозёмах типичных на зяби, а наивысшие на чернозёме типичном и обыкновенном на озимых.

Как мутность воды, так и pH воды и почвы показывают наличие тенденций изменения по длине склона и с изменением уклона склона, влажности и плотности почвы, что делает не всегда однозначной выявленную тенденцию изменения мутности воды с изменением pH воды.

Максимальная мутность наблюдается в диапазоне 6,5-7,5 рН водной вытяжки из почвы, однако для различных почвенных разностей наблюдаются некоторые отклонения. Так, максимум мутности на чернозёмах обыкновенных наблюдался при рН водной вытяжки из почвы 7,8-7,9, а на типичных – при рН водной вытяжки из почвы, равной 6,5-7,5.

Максимум мутности с наибольшей вероятностью наблюдается при рН снега ниже 6 и выше 7, однако абсолютный максимум мутности наблюдается при рН снега 6,3. Максимальная мутность наблюдается наиболее часто при рН воды в диапазоне 7-8 единиц.

Просматривается тенденция увеличения рН воды склоновых водотоков при увеличении рН снега.

При дифференциации данных о рН воды по диапазонам изменения мутности воды (0; 18-500; 500-2000; 2000-5000; 5000-100000; 10000-99992 г/м³) чётко прослеживается точка пересечения кривых обеспеченности рН воды, соответствующих величинам рН=7,0-7,2 обеспеченностью около 70%. В этой точке меняется расположение кривых относительно друг друга: те кривые, что были ниже других становятся выше и наоборот. Это говорит о том, что в наших исследованиях при любых диапазонах мутности воды величины рН воды менее чем 7,0 наблюдались всего в 30% случаев. Причём, в 70% случаев величины рН воды при наибольшей мутности (10-99,00 кг/м³) меньше, чем при других диапазонах мутности (исключение составляет лишь первый диапазон с нулевой мутностью). В 30%, наоборот рН воды в этом диапазоне выше или равна рН воды в других диапазонах мутности. Наибольшие величины рН воды в 70% случаев наблюдаются в диапазоне мутности 0,5-2 кг/м³, а в 30% в этом диапазоне рН наименьшее.

По всей видимости, высокая мутность в воде обеспечивает большую площадь поверхностей для процессов сорбции-десорбции, что способствует нейтрализации рН среды.

При турбулентном режиме максимальная мутность больше группируется возле рН=7,0, при переходном – рН=8,0, при ламинарном – в диапазоне 7,0-8,0, а наибольшее число измерений лежит за этим диапазоном.

При бурном режиме максимум мутности группируется при рН=7,0 и рН=8,0, а при спокойном – в промежутке рН = 7,0-8,0.

Влияние мутности воды на рН воды несколько отличается по длине склона. Если в верхней части склона прослеживается максимум рН при мутности воды 66,66-87,5 кг/м³, то при увеличении длины склона наблюдается рост рН воды с ростом мутности воды. Причём, максимум рН отмечается при длине склона 411-452 м.

Выводы. Тенденция изменения мутности с изменением рН воды не всегда однозначна, т.к. наблюдается изменение обеих характеристик с изменением длины и уклона склона, плотности, влажности почвы и т.п. Наибольшая мутность отмечается при нейтральных величинах рН, что объясняется наличием большого числа сорбционных поверхностей, нейтрализующих рН воды.

ОЦЕНКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЕЛЬТЫ р. ВОЛГИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КРУИЗНОГО ТУРИЗМА

Маломерные суда в основном предназначены для транспортных перевозок пассажиров (туристов) к туробъектам на охоту, рыбалку, лотосовые поля.

Технические характеристики маломерных судов (ширина до 2 м, осадка до 0,5 м) позволяют им осуществлять передвижение по основным рукавам, ерикам и протокам Волго-Ахтубинской поймы и дельты (ниже населенных пунктов). Также маломерные суда используются для прогулок, отдыха, занятий любительским спортом, туризмом, культурных целей. Отрицательным моментом является только малая вместимость судов. Хотя и это ограничение в последние годы пытаются исключить посредством модернизации и переоборудования судов.

В настоящее время всё большей популярностью пользуются путешествия под парусами (легкие маломерные парусные катамараны «Простор» и тримараны «Янтарь») либо на веслах (четырёхвесельные пэлы «Фьорд») по дельте Волги и Волго-Ахтубинской пойме в сопровождении опытных инструкторов. В последние годы в летний сезон действует водный маршрут, созданный областным музеем-заповедником «По каналам и мостам старой Астрахани». Маршрут совершается на судне «Астра» – водометное судно. Вместимость судна – 25-30 человек, скорость всего 7-8 км/ч, но в черте города оно движется со скоростью 3-4 км/ч. Маршрут проходит под четырьмя мостами и позволяет увидеть все достопримечательности, находящиеся в зоне Кутума от улицы Кирова до Больших Исад. Теоретически можно было двигаться и дальше, сделав объектом показа и рынок, но, увы, река этого не позволяет сделать.

Объектами классификационной деятельности Российского Речного Регистра (РРР) являются самоходные суда внутреннего плавания с главными двигателями мощностью не менее чем 55 кВт, несамоходные суда вместимостью не менее чем 80 т, все пассажирские суда, суда смешанного (река-море) плавания. Для туристских, экскурсионно-прогулочных и транспортных целей подходят суда, состоящие на учете в Речном Регистре по категории: *прогулочные, развездные и пассажирские*.

Пассажирских судов, состоящих на учете в Нижне-Волжской инспекции РРР – 26. Большой популярностью пользуются Теплоходы «Инженер Пташников» и «Тимирязев». Класс теплоходов смешанный «река-море». Технические характеристики этих теплоходов (ширина 14,3 м, длина 96 м, осадка 2,45 м) позволяют совершать транспортные, туристские маршруты только по р. Волге и Волго-Каспийскому каналу (ВКК). Причем по ВКК разрешается ходить только в период половодья. В другие периоды движение становится невозможным при такой осадке теплоходов. В 2006 г.

ТК «Тин-тур» приобрела морское круизное судно «Мария Ярмолова» у Новороссийской компании. Технические характеристики судна: длина – 100 м, ширина – 16 м, осадка – 4,5 м, вместимость – 350 чел. Судно совершает круизные маршруты по Каспийскому морю с заходом в порты Азербайджана, Казахстана и Ирана. Пассажирские суда такие как «Восход», «Заря», «Москва», «Луч», «Скиф» перевозят пассажиров по р. Волге, рукавам дельты до конечных населенных пунктов (Полднеевое, Гандурино, Кировский, Каралат, Зеленга, Марфино, Нововасильево и др.) и ВКК. Теплоходы «ПС», «КС» перевозят пассажиров по банкам Гандуринскому, Никитинскому, Белинскому, а также ВКК. Все перечисленные выше суда совершают транспортные и экскурсионно-прогулочные маршруты.

Прогулочных судов, стоящих на учете в РРР – 50. Они совершают экскурсионно-прогулочные и транспортные маршруты по р. Волге, Ахтубе, протокам и ерикам дельты ниже конечных населенных пунктов (Полднеевое, Гандурино, Кировский, Каралат, Зеленга, Марфино, Нововасильево и др.). Наиболее часто встречаются «Амур», «Казанка», «Байда», «Крым», водометы «Прогресс» и др.

Разъездных судов, состоящих на учете в РРР достаточно много – 257, но не все используются для перевозки пассажиров. В основном для транспортных, туристских и экскурсионно-прогулочных целей используются модернизированные и переоборудованные разъездные суда. К таким судам относятся «Бригантина» (873А), «Жемчуг», «Телец», «Андромеда», «Зюйд-Вест», «Президент», «Остап Бендер», «Мошка» и многие другие. Они совершают перевозки пассажиров по р. Волге, Ахтубе, рукавам дельты до конечных населенных пунктов (Полднеевое, Гандурино, Кировский, Каралат, Зеленга, Марфино, Нововасильево и др.) и ВКК. В большинстве случаев такие суда располагают каютами «люкс» и «полулюкс». Аренда судов составляет от 800 до 6000 у.е. в сутки, в зависимости от класса услуг, протяженности маршрута и количества человек.

Наиболее загруженные судами разной категории являются р. Волга и ее крупные водотоки: Бахтемир, Старая Волга, Гандурино, Кизань, Бушма, Бол. Черная, Бузан. Это объясняется тем, что данные водотоки обладают допустимыми параметрами для хождения судов. Река Ахтуба доступна для хождения маломерных и прогулочных судов. Хотя в отдельные годы в конце июля и в августе нижнее течение Ахтубы сильно мелеет, и она может быть доступна только маломерному флоту. Наименее загруженными являются мелкие протоки и ерики поймы и южной дельты, которые доступны только для маломерных и переоборудованных прогулочных судов. Это объясняется их малой глубиной и шириной.

За последние годы в дельте действуют постоянные маршруты: Астрахань – Волга – Чаган – Астрахань; Волга – Старый Иванчуг – Гандурино – Полднеевая – ерик Бабушкина – Горная – обратно; Астрахань – Волга – Бузан – Белый Ильмень – Болда – Астрахань; Астрахань – Болда – Бушма – Малый Белинский банк – обратно; Кизань – Табола – Царев – Болда – Волга «Астраханское водное кольцо».

РАЗМЫВЫ БЕРЕГОВ МАЛЫХ РЕК СЕВЕРА ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ КУДЬМЫ)*

Одним из показателей интенсивности развития горизонтальных русловых деформаций являются значения скоростей размыва берегов. При этом темпы их значительно различаются для рек разных размеров. Для малых равнинных рек характерен медленный размыв берегов со средними скоростями до 2 м/год, иногда достигающими 5 м/год и более. На малых реках в виду их небольшой водности существенную роль в темпах размыва берегов играют местные факторы: например, лесная растительность при небольшой высоте берегов своими корнями препятствует их размыву.

Для оценки скоростей плановых смещений русел малых рек бассейна р. Кудьмы организованы стационарные наблюдения. Стационары организованы в основном на вогнутых берегах излучин, расположенных на участках рек, отличающихся благоприятными условиями для размыва (водность – порядок реки, высота и литология берегов, характер пойменной растительности). На Кудьме, главной реке бассейна, изучается размыв песчаных и суглинистых пойменных берегов в среднем и нижнем течении. Стационары расположены также на ряде притоков. Так, на р. Озёрке исследуется отступление высокой террасы, образовавшейся в результате врезания русла из-за спуска мельничных прудов. Такие же наблюдения проводятся на одном из прямолинейных участков русла р. Кудьмы, где происходит размыв преимущественно левого берега. Основной размыв происходит во время прохождения весеннего половодья. Средние скорости размыва берегов за период наблюдений (2010-2011 гг.) составляют 0,2-0,3 м/год, максимальные 0,6-0,8 м/год.

Сведения о темпах горизонтальных русловых деформациях содержатся в ряде технических отчетов об инженерно-технических изысканиях, проводимых на р. Кудьме. В 1969 г. во время проведения исследований для строительства дюкерных переходов на участке русла Кудьмы у д. Комарово за время весеннего половодья был отмечен размыв левого высокого пойменного задернованного берега, сложенного суглинками и песком с почвенно-растительным слоем торфянистого характера, со скоростью 0,3-0,4 м/год, который выражался в оползании вышележащих масс грунта с берега на нижележащие; одновременно намыв на правом выпуклом берегу составил 0,1-0,2 м/год; у д. Митино происходило выполаживание берегов при темпах их размыва, не превышающих 0,2-0,3 м/год; на участке русла у д. Ветчак было отмечено отступление берега со скоростью 0,5-0,7 м/год. В 1980 г. при разработке проекта сбросного канализационного трубопровода проводились работы на прямолинейном участке русла длиной 100 м, представляющем собой канал с песчаными берегами, образовавшийся при проведе-

* Выполнено при поддержке гранта РФФИ (проект 12-05-00348).

нии работ по спрямлению русла, что способствовало размыву обоих берегов с средней скоростью 0,1-0,4 м/год и максимальной – 0,7 м/год.

Характер размыва берегов различен. Высокие пойменные песчаные и суглинистые берега излучин размываются с образованием относительно ровного берегового откоса. Берега, сложенные торфянистыми грунтами, отступают с образованием блоков отседания. Разрушение низких пойменных берегов, покрытых луговой растительностью, происходит путем подмыва почвенно-растительного слоя в местах, незакрепленных древесной растительностью, с последующим отседанием его частей и приданием им фестончатого характера.

Изучение механизмов и скоростей размыва берегов малых рек, установление их связей с различными параметрами речных русел и бассейновыми характеристиками позволит выделить особенности развития горизонтальных деформаций на малых реках и критерии их устойчивости.

М.В. Веретенникова, С.Н. Ковалев, А.М. Тарбеева

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОВРАГАХ*

В иерархии эрозионных форм от эрозионных промоин на склонах, образующихся в периоды ливней и снеготаяния, до речных долин, овражно-балочные системы являются промежуточным связующим звеном между склоновыми потоками и реками. Такое положение оврага вызывает особые условия взаимодействия потоков воды с субстратом, транспорта наносов и формирования русла.

Русловые процессы в овраге следует рассматривать с учетом их специфики, эрозионных процессов в нем, масштаба объекта и времени его существования. Необходимо учитывать, что, во-первых, через овраг выносятся наносы со склонового водосбора, в несоразмеримо, в процентном соотношении, большем объеме, чем поступает с бассейна реки. В зависимости от стадии развития оврага, величины стока воды и наносов последние могут, как выносятся из оврага полностью, так и аккумулироваться в нем.

Во-вторых, само понятие «русло» для овражной формы носит двоякое значение в зависимости от стадии развития оврага. На ранних стадиях при определенной морфологии овражной формы и объемах стока воды само днище оврага может быть руслом. При этом переформировывается и размывается сам овраг. На более поздних стадиях развития в днище оврага при небольшом стоке воды формируется русло морфологически схожее с руслом реки.

В-третьих, при отсутствии стока воды на первый план выходят склоновые процессы, которые могут полностью перекрыть днище оврага и

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00385) и Гранта Президента РФ для гос. поддержки ведущих научных школ РФ», проект НШ-79.2012.5.

тем самым уничтожить как само русло, так и русловые формы, сформировавшиеся в нем.

В-четвертых, русловые формы в овраге могут образоваться и быть уничтожены во время одного и того же эпизода стока воды.

Наконец, в оврагах особенно ярко временная дискретность русловых процессов (при отсутствии меженного стока процессов нет); но при существовании постоянного водотока (ручья) вследствие вскрытия водоносного горизонта при врезании оврага она проявляется аналогично рекам. На что, но применительно к горным рекам обратили внимание Л.Ф. Литвин и Р.С. Чалов.

Это обеспечивает большую водоотдачу с водосбора. Даже при малых запасах снега и средних по интенсивности (для данного района) дождей формируется половодный и паводковый сток воды со скоростями достаточными для размыва субстрата и транспортировки наносов поступающих с водосбора, с бортов и днища оврага и выноса наносов за его пределы. Все это в значительной мере усиливается в сельскохозяйственных районах, где сооружаются лесозащитные полосы и проводятся работы по снегозадержанию.

Необходимо различать тип склона, на котором образуется овраг: 1) склон, сопряженный с крутым склоном долины реки, молодой балки или крупного оврага с четко выраженной бровкой долины; 2) монотонно выпуклый склон, опирающийся на днище древней балки или суходола. Тип склона определяет развитие оврага на первом этапе его роста. При четко выраженной бровке склона овраг представляет собой крутую промоину с руслом водопадного типа продольным профилем лишь незначительно отличающемся от профиля склона долины балки; русло как таковое отсутствует; правильнее говорить о тальвеге, как наиболее пониженной линии основного вреза.

На монотонно выпуклом склоне первичная промоина в зависимости от объема воды может образоваться практически в любом месте склона. Этот – глубокая промоина повторяющая профиль склона, которую можно определить как своеобразный аналог горной реки. Образовавшееся русло – тальвег занимает все днище и соответствует изгибам первичной промоины. В днище отсутствуют наносы. В другом случае (по мере развития оврага), когда поток воды не в состоянии вынести весь грунт (например, при резком снижении интенсивности стока воды) формируется нагромождение почвенно-грунтовых агломераций аналогичные несортированным отложениям горных рек, русло петляет между грунтовыми отдельностями. Первый вариант соответствует соляренному типу весны, второй – адвективному или периодическому чередованию теплых и холодных суток.

Заключение: Развитие русловых процессов в оврагах имеет свою специфику, отличающую их от рек. Это – два режима стока. Первый соответствует максимальным объемам стока воды на первых этапах развития оврага, когда водный поток занимает все днище оврага. В этом случае руслом является сам овраг. Происходит врез во вмещающие грунты, размыв бортов и

вынос наносов из оврага. Второй соответствует меженному периоду, возникающему на спаде половодий и паводков и при минимальных объемах стока во время дождей малой интенсивности. То есть во время максимальных стоков на первых стадиях весь овраг представляет собой русло, а при минимальных овраг на последних стадиях является аналогом горной реки со своим долинным комплексом.

Русловые процессы в оврагах являются неотъемлемым элементом развития их развития. Для них характерна высокая интенсивность как вертикальных, так и горизонтальных деформаций. Относительные величины горизонтальных деформаций за год достигают 35-40% ширины русла. Такая высокая интенсивность прослеживается на фоне крайне непродолжительного периода активного роста во времени. К специфическим чертам эрозионно-аккумулятивного процесса в оврагах является его непостоянство по длине оврага и во времени, что во многом обусловлено изменением по длине и во времени соотношения склоновых и русловых процессов. На всем протяжении периода развития оврага и по длине русла происходит чередование типов русла от порожистого горного до равнинного.

В целом овраг представляет собой уникальную природную лабораторию для исследования особенностей гидрологического режима при разных типах снеготаяния, разных типах русла, многообразии соотношений склоновых и русловых процессов, чередовании в пространстве и времени зон эрозии и аккумуляции, различной гидравлике потоков. Все это делает овраги одними из интереснейших объектов для гидролого-геоморфологического анализа с одной стороны и исследования динамики современного рельефа – с другой.

Д.А. Вершинин

Томский государственный университет

ОЦЕНКА СТОКА ПАЛЕОРЕКИ В ДОЛИНЕ РЕКИ КЕТЬ ПО ПАРАМЕТРАМ ДРЕВНИХ МАКРОИЗЛУЧИН

Одним из наиболее распространённых типов руслового процесса рек равнинной части Западной Сибири является свободное меандрирование. По такому типу развиваются деформации как самых крупных притоков реки Обь – Чулыма, Кети, Васюгана и т.д., так и небольших притоков указанных рек, в том числе и сами эти реки в верхнем течении. Размеры свободных петлеобразных излучин крупных рек достигают 6-8 км, в верховьях рек и на небольших притоках длины излучин не превышают 1 км. Тем не менее, в долине р. Кеть в её верховьях обнаружены следы древних излучин, размеры которых в несколько раз превышают размеры современных. Так, например, несколько крупных излучин наблюдаются на космических снимках (в программе Google Планета Земля) в долине реки Кеть выше впадения в неё рр. Сочур и Большая Кеть между посёлками Тархово и Большая Кеть. Наиболее крупные древние излучины достигают длины 3,4-4,1 км при степени

развитости 2-4 и радиусе поворота 900-600 м. В верховьях долины р. Кеть (р. Большая Кеть) петлеобразные древние излучины достигают несколько меньших размеров – длина 2,1 км, степень развитости – 3,5, радиус поворота – 300 м. В соответствующих данным излучинам участках долины размеры современных свободных петлеобразных излучин на р. Кеть составляют: длина – от 1000 м до 600 м, степень развитости 2,5-3,0, радиус поворота – 230-120 м.

Такое несоответствие размеров современных и следов древних излучин позволяет предположить, что водность в определённый период в данной долине в несколько раз превышала водность современной реки. Связи, характеризующие параметры излучин с одним из главных факторов формирования русел – водности потока в половодье, которыми обычно бывают различного рода расходы воды (руслоформирующий, руслонаполняющий, определённой обеспеченности и т.д.) называют гидроморфологическими связями. В данном исследовании выбраны формулы связи кривизны русла (радиуса поворота) и расхода воды. В.И. Антроповский считает наиболее рациональной по структуре формулу П.А. Шатберашвили.

В качестве материала для проверки формулы взяты свободные петлеобразные излучины, которые были спрямлены или близки к спрямлению по трём рекам Томской области – Чулым, Кеть, Кия. Также взяты расходы, повторяемость которых превышала 30 дней в году, максимальные за многолетний период, среднемесячные майские. В результате 30-дневные расходы воды оказались наиболее приемлемыми для расчётов радиусов кривизны излучин. По этим зависимостям получилось, что водность реки, протекавшей по долине р. Кети соответствует водности современной р. Чулым на участке от с. Тегульдэт до с. Сергеево.

Н.Н. Виноградова, А.М. Тарбеева

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ИСТОЧНИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ НАНОСОВ В ВЫСОКОГОРНЫЕ РЕКИ ПРИЭЛЬБРУСЬЯ*

Русла высокогорных рек формируются под активным влиянием комплекса экзогенных процессов: лавин, селей, деятельности ледников. Анализ поступающего в русла материала позволяет выявить роль каждого из процессов в формировании русла, а степень аллювиальной переработки поступающего материала свидетельствует об интенсивности деятельности водного потока. Характеристика источников поступления наносов, особенностей их распределения по длине реки в условиях изменения климата позволяют лучше понять механизмы формирования и прогнозировать динамику русел высокогорных рек.

* Работа выполнена по гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-79.2012.5 и гранту РФФИ 10-05-00357.

Исследуемые высокогорные реки бассейна р. Баксан в Приэльбрусье берут начало из ледников на высотах более 3000 м, относятся к водотокам 2-3 порядка, длина их составляет 10-15 км, площадь водосбора – 60-100 км². Реки имеют преимущественно ледниковое и снеговое питание, максимальные расходы наблюдаются в июле-августе. В долинах рек по геоморфологическим признакам выделяются 4 зоны: истоки, верхнее течение, среднее течение и нижнее течение, различающиеся как по морфодинамике, так и по преобладающим источникам поступления наносов.

Деятельность ледников наиболее существенно проявляется в истоках рек. Ледниковый материал характеризуется наличием в нём льда, несортированностью, пёстрым гранулометрическим составом, присутствием крупных глыб, плохой окатанностью (преимущественно 1-2 класса). Постоянное поступление твёрдого материала в русло происходит путем вытаивания и обваливания морен. Избыточное поступление ледникового материала в верховьях приводит к полному подчинению положения русла процессам вытаивания льда, а также существенному увеличению объёма взвешенных наносов.

В верхнем течении происходит размыв и разрушение склоновыми и селевыми процессами древних моренных отложений. Их состав аналогичен современным ледниковым отложениям, но в них меньше погребённого льда. Как правило, сели в верхнем течении не имеют большой мощности, но отличаются высокой частотой (вплоть до ежедневного в тёплый период года). Однако интенсивность поступления материала в истоках и верхнем течении резко возрастает в связи с отступанием ледников при потеплении климата. Значительное поступление мелкообломочного селевого материала в русло зафиксировано в 2009 г. в верховьях р. Ирикчат, где селевой очаг формируется в незадернованных свежих отложениях боковых морен на склонах. В результате схода селя дно долины оказалось полностью погребено селевыми отложениями.

Селевой материал является одним из основных источников поступления наносов и в среднем течении. Здесь материал поступает преимущественно из селевых притоков и образует в русле реки конусы выноса и зоны перегиба продольного профиля. Для селевого материала характерно отсутствие сортировки, плохая окатанность (1-2 класс), большая доля мелкозёма, наличие крупных глыб, ограниченный бассейном селевого притока петрографический состав. Для селевого материала характерно залповое поступление, за которым следует медленная его переработка водным потоком до схода следующего селя.

Объём твёрдого материала, поступающего в русла с лавинами, на порядок меньше селевого. Характерной чертой лавинного материала является большое содержание древесных остатков, а также местный состав материала, чаще это остроугольные неокатанные обломки с преобладанием щебня и мелких глыб. На левобережном побочне р. Большой Азау, на который ежегодно сходит лавина, доля лавинного материала составляет всего около 18% обломков. Лавинный материал представлен преимущественно

фракциями 5-10 и 10-25 см. Его доля в этих фракциях составляет 33-37%. При этом лавины выбивают из русла аллювиальный материал, забрасывая его вверх по склонам. При этом в русле образуются котловины выбивания.

Поступление твёрдого материала за счёт обвалов коренных пород на склонах долин достигает значительных размеров. Обвалы характерны для узких каньонообразных участков долин, склоны которых близко подходят к руслу. В настоящее время повышенное поступление обвального материала на дно долины наблюдается в ущелье р. Большой Азау. Обвальный материал представлен преимущественно крупными (до глыб) не окатанными обломками с отсутствием мелкозёма. Для него характерен местный петрографический состав, наличие расколотых обломков. Обвалы, как лавины и сели, подпруживают русло реки и приводят к образованию местного перегиба продольного профиля.

Осыпные и полигенетические конуса и шлейфы представляют собой неотъемлемый элемент рельефа выположенных участков днищ долин как выше границы леса, так и в пределах лесного пояса, однако, интенсивность осыпных процессов в нём заметно ниже. Осыпной материал скапливается в склоновых кулуарах, по которым доставляется в днища долин или русла как в результате собственно осыпания, так и при помощи других склоновых процессов (ручейковый смыв, солифлюкция, движение каменных потоков, микросели, лавины). Осыпной материал, как правило, неокатанный, с преобладанием щебнистых и мелкоглыбовых (до 25 см) фракций, с заметной долей гравийно-песчаного заполнителя. В среднем и нижнем течении он является одним из основных источников поступления наносов в русло. При попадании в русло осыпной материал легко перемещается потоком, быстро перерабатывается.

Наносы, поступающие за счёт размыва аллювиальных отложений, отличаются высокой степенью окатанности (до 3-4 класса), хорошей сортировкой, широким спектром петрографического состава. Они характерны, как правило, для участков нижнего течения, где отсутствуют ледники, склоны расположены далеко от русла или склоновые процессы не интенсивны.

О.В. Виноградова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ РЕЧНОЙ СЕТИ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ*

Закономерности формирования структуры речной сети на протяжении длительных геологических периодов являются одной из интереснейшей и слабо изученной проблем геоморфологии. Время заложения речной сети, унаследованность её развития в плане, последовательность заложения до-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 10-05-00357).

лин разных порядков в геологическом масштабе времени являются основными вопросами, охватывающими эту проблему в целом. На основании анализа данных, опубликованных в основном в геологической литературе и результатов собственных исследований в ряде россыпных районов Восточной Сибири (Куларском и Ленском), рассмотрены особенности формирования речной сети на протяжении всей истории формирования долин. При разведке россыпей в этих районах проводилось детальное бурение долин и определение возраста аллювиальных отложений, что дало возможность восстановить время заложения долин и историю их формирования с высокой степенью достоверности. В большинстве горных районов в истории формирования долин выделяется несколько эрозионных циклов, в течение которых происходит врезание рек в коренные породы. Анализ планового и гипсометрического положения долин и их изменение для каждого эрозионного цикла в разные геологические периоды позволили сделать «временные» срезы речной сети и при их сопоставлении выявить закономерности её формирования. В районах с речной сетью, полностью погребённой под мощным слоем рыхлых отложений, при поиске погребённых долин проводится бурение скважин и заложение геофизических профилей, охватывающих практически всю площадь погребённых бассейнов. По этим данным удалось проследить закономерности формирования бассейнов и эволюции речной сети на протяжении нескольких геологических периодов.

Заложение речной сети в горных районах Сибири происходило в различные геологические периоды в зависимости от времени формирования основных геологических структур. Несмотря на интенсивные тектонические движения, свойственные горным районам, регрессии и трансгрессии моря на участках побережий первичная речная сеть либо непосредственно отражается в современном рельефе, либо ее фрагменты погребены под отложениями разного генезиса.

Анализ результатов бурения и сопоставление разрезов рыхлых отложений, заполняющих долины рек разных порядков в Ленском районе, показал, что притоки средних порядков, начиная с III-IV, были заложены одновременно с основными долинами. В устьевых зонах некоторых притоков более низких порядков (I-II) также вскрыты фрагменты раннеплейстоценовых аллювиальных отложений, что свидетельствует об их синхронном заложении с основными долинами. Аналогичная картина отмечается и в Куларском районе. Вскрытые здесь поисковыми линиями аллювиальные отложения в днищах небольших притоков, также как и в крупных реках, сформировались в раннем плейстоцене. Этот факт свидетельствует об их одновременном заложении с основными погребёнными долинами.

В горных областях переформирования речной сети в геологическом масштабе времени в зависимости от разных факторов может иметь унаследованный характер, либо испытывать резкие изменения. Радикальные изменения рисунка речной сети обусловлены изменением тектонического строения территории, внедрением лакколитов, интрузий, проявлений вулканизма. Переформирования речной сети при сохранении общего рисунка определя-

ется сочетанием структурно-тектонического и климатического факторов. В интенсивно поднимающихся горных системах отмечается высокая степень унаследованности положения долин, конфигурации и площадей бассейнов, тогда как в низкогорных районах изменения климата в различные эрозионные циклы приводят к изменению густоты расчленения рельефа и изменению площадей бассейнов. Интенсивные перестройки гидросети и изменения бассейнов рек происходят на опускающихся участках, на приморских равнинах, в придельтовых областях, на локальных участках в связи с образованием новых водоразделов, сложенных отложениями ледникового генезиса. Наиболее динамичными, изменяющимися во времени участками долин и бассейнов, являются их верховья и устьевые области. Закономерности, характерные для крупных бассейнов, проявляются в более мелком масштабе и для бассейнов небольших горных рек и даже для их притоков.

Результаты исследований имеют не только теоретическое, но и большое практическое значение при поисках и разведке, особенно в районах формирования погребённых россыпей. Учёт закономерностей перестроения речной сети в разные геологические периоды в зависимости от разных факторов может служить ориентиром при постановке поисковых работ в россыпных районах, а также при детальной разведке погребённых россыпей.

Р.И. Гайсин

Казанский федеральный университет

**СОСТОЯНИЕ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ГЕОГРАФИИ В
СРЕДНИХ ШКОЛАХ И ВУЗАХ В НАЧАЛЕ XX ВЕКА В ТРУДАХ
ПРОФЕССОРА КАЗАНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА П.И. КРОВОТА
(1852-1914)**

География относится к одной из древних наук, прошедших длительный и сложный путь своего исторического развития. В начале XX в. большой вклад в развитие географии в России внесли учёные Казанского университета А.А. Штукенберг, Б.Ф. Адлер, П.И. Кротов, Б.А. Келлер, В.Н. Сементовский и др.

В развитии географического образования города Казани в Среднем Поволжье большую роль сыграл профессор Казанского университета П.И. Кротов. В своих работах он всегда обращал первостепенное внимание на состояние преподавания географии в средних школах, гимназиях и вузах. Он один из первых настаивал на необходимости введения географии в круг университетского преподавания, не как вспомогательной дисциплины, а как самостоятельной науки со своей методологией и теорией, опирающейся, прежде всего, на естествознание. Поэтому, по предложению П.И. Кротова, география была переведена с историко-филологического факультета на физико-математический.

В своей работе Б.Ф. Адлер отмечает, что «...только в Казани и в Москве география была поставлена с самого начала широко и полно: Анучин и Кротов с достоинством несли знамя географической науки».

П.И. Кротов особо подчёркивал необходимость коренного пересмотра преподавания географии в средних учебных заведениях. Оно должно быть непрерывным и опираться на данные естествознания, а не сводиться к заучиванию географической номенклатуры и запаса готовых сведений. Таким образом, при изучении географии в средних школах, гимназиях и вузах должна соблюдаться преемственность географического образования.

По мнению А.П. Дедкова, принципиальная позиция П.И. Кротова по коренной перестройке географического образования на всех ступенях в те годы имела прогрессивное значение и способствовала совершенствованию подготовки специалистов в вузах, и, тем самым, развитию всей географической науки.

В Казанском университете П.И. Кротов создал образцовый географический кабинет, затратив большие усилия на сбор необходимых экспонатов. К этой работе он также привлекал преподавателей, студентов и учителей географии средних школ и гимназии города Казани и Казанской губернии. Поэтому в своих работах он особо подчёркивал целесообразность создания кабинетов географии в школах, гимназиях и вузах, оснатив их наглядными пособиями, географическими картами, атласами и необходимым оборудованием.

П.И. Кротов в работе «О постановке преподавания географии в средних учебных заведениях» (1899) уделял большое внимание изучению учащимися и студентами природы и хозяйства местного края, своего района, региона, губернии. Для этого под руководством П.И. Кротова разрабатывались методические указания и рекомендации по краеведению для студентов и учителей географии.

В своих выступлениях критиковал школьные учебники по географии и географические атласы того времени за то, что в них наблюдался недостаток научных материалов, обилие номенклатуры и сведений не относящихся к географии и т.д. Поэтому П.И. Кротов постоянно заботился о правильном и тщательном отборе номенклатуры атласов и учебников по географии и особо подчёркивал их значение в методике преподавания географии. Он рекомендовал учителям географии регулярно проводить классное чтение научно-популярных, географических, этнографических, художественных очерков и при этом уделял большое внимание организации самостоятельных работ учащихся. Он всегда считал, что самостоятельность должна проявляться во всех видах деятельности учащихся – на уроках, на природе, во внеурочных и внешкольных мероприятиях.

При этом особую роль П.И. Кротов отводил организации в естественных условиях наблюдений в природе, а их результаты должны способствовать более углублённому изучению учащимися отдельных тем и усвоению географических знаний.

По мнению И.Н. Александрова, в своих работах П.И. Кротов всячески поддерживал самостоятельность и инициативу студентов в приобретении ими практических умений и навыков исследовательской работы и при работе с картографическими материалами. Для этого он регулярно организовывал экскурсии и экспедиции в различные регионы страны, также вовлекал студентов в работу кружков по изучению природы и др.

П.И. Кротов всегда обращал внимание на установление преемственных связей между средней школой и вузом, он регулярно посещал средние школы и гимназии, интересовался работой учителей, посещал их уроки и внеклассные мероприятия и по результатам проводил их анализы и оценивал качество преподавания географии. С учителями проводил консультации и семинары по актуальным проблемам методики преподавания географии. Он предлагал начать изучение географии с географии страны, перенести курс общего землеведения в старшие классы и рекомендовал расширить сроки изучения географических дисциплин с 4 до 6 лет. Основной целью школьного географического образования является овладение учащимися необходимых географических знаний, в то же время он обращал значительное внимание на воспитательные аспекты и использование краеведческих материалов в процессе изучения географии. В своих трудах П.И. Кротов один из первых предлагал определить самостоятельное положение географии в системе школьных дисциплин. Отделять её от гуманитарных наук и перенести центр тяжести на изучение природы и т.д. Поэтому труды профессора П.И. Кротова и в настоящее время являются востребованными и актуальными для развития географического образования.

Т.В. Гайфутдинова

Набережночелнинский институт социально-педагогических технологий и ресурсов

СОСТОЯНИЕ ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ ДО СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРОДА НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ

Город Набережные Челны расположен в долине р. Камы, на берегах Нижнекамского водохранилища. В настоящее время его площадь составляет 171,03 км². Территория давно осваивается людьми, однако, точная дата основания города до сих пор не определена и требует проведения дополнительного ряда экспертиз.

На месте современного города Набережные Челны в XX веке находились населённые пункты: Бережные Челны, Мысовые Челны, Мироновка, Орловка, Боровецкое. Крупные овражно-балочные системы действовали вблизи сёл Орловка и Боровецкое. На картах, изданных до начала XX века, где подробно рельеф не отображался, их можно определить по обозначенным водотокам, путём сопоставления с современными картами. Однако контуры крупной овражно-балочной системы (ОБС) Большой Лог, существ-

вовавшей на территории современного г. Набережные Челны до начала XXI века, можно найти на Геометрическом Генеральном плане Оренбургской губернии Мезелинского уезда съёмки 1800 г. Согласно этому плану, овражно-балочная система (основная её часть) располагалась восточнее села Орловка. Отмечены также два крупных отвершка (правый и левый).

Восточнее села Боровецкое на плане обозначен «Ключ». В результате сопоставления с современными картами можно предположить, что это водоток, существовавший в овражно-балочной системе «Боровецкий овраг» до начала 90-х годов XX века. В настоящее время действующим остается родник в устьевой части оврага. В отличие от ОБС «Большой Лог», овражно-балочная система «Боровецкий овраг» находилась в пределах леса.

До активного городского строительства, которое началось с 1969 г. в связи с возведением Камского объединения по производству большегрузных автомобилей (КамАЗ), город был сосредоточен в междуречье Камы и её притоков – малых рек Челна (устьевая часть) и Мелекесса (нижнее течение). Согласно карте 1954 г.: а) крупные овражно-балочные системы на территории города отсутствовали; б) доминировала речная эрозия в долинах рек Челна и Мелекесса, к которым приурочены небольшие овраги; в) контур города повторял контуры речных долин.

Проблема овражной эрозии возникла в связи с расширением города на восток и северо-восток. С момента включения в его территорию сёл Орловка и Боровецкое, в городскую черту вошли три крупные овражно-балочные системы: «Большой Лог», «Боровецкий межник» и «Овраг Боровецкий» (два последних названия представляют собой микротопонимы, которые на картах не указываются, но ими пользовались жители сёл Боровецкое и Большая Шильна). В связи со строительством в промышленной зоне и Нового города Набережных Челнов начался длительный этап, продолжающийся до настоящего времени, антропогенного воздействия на эти природные объекты.

Морфометрическая характеристика овражно-балочных систем до строительства города получена путём проведения измерений по карте масштаба 1: 25 000 1954 г. съёмки:

1. *Овражно-балочная система «Большой Лог».* Суммарная протяжённость овражной сети составляла 12,625 км. Простираение основного оврага с северо-востока на юго-запад. В систему входили 30 вершин. Максимальная глубина эрозионного вреза – 16 м. Вдоль левого борта основного оврага развивалось четыре крупных отвершка, длина которых – от 375 м до 1,5 км. Правый борт имел один крупный отвершек (с двумя вершинами) суммарной длиной 875 м и большое количество вершин зарождающихся отвершков. Водосборный бассейн асимметричный со значительным преобладанием по площади правого берега (на 16,5 км²). Общая площадь водосбора овражно-балочной системы – 27,5 км². Площадь овражно-балочной системы составляла 0,7 км².

2. *Овражно-балочная система «Боровецкий межник».* Суммарная протяжённость овражной сети составляла 3,3 км. Простираение основного

оврага с юго-востока на северо-запад. В систему входили 9 вершин. Максимальная глубина эрозионного вреза – 8 м. Фиксируется один крупный от-
вершек с тремя вершинами по правому борту основного оврага общей дли-
ной 225 м. Суммарная длина левых отвершков – 175 м. Общая площадь во-
досборного бассейна – 5,5 км². Отмечается незначительная асимметрия во-
досборного бассейна с преобладанием по площади правого берега. Площадь
овражно-балочной системы составляла 0,1 км².

3. *Овражно-балочная система «Овраг Боровецкий»*. Суммарная
протяжённость овражной сети составляла 5,75 км. Простираение основного
оврага с юго-востока на северо-запад, параллельно овражно-балочной сис-
теме «Боровецкий межчик». В систему входили 15 вершин. Максимальная
глубина эрозионного вреза – 10 м. По правому борту основного оврага фик-
сируется 10 крупных отвершков, длина которых – от 125 м до 625 м. Сум-
марная длина трёх левых отвершков составляла 425 м. Общая площадь во-
досборного бассейна – 5 км². Площадь правого берега водосбора овражно-
балочной сети в два раза превышает площадь левого берега. Площадь ов-
ражно-балочной системы составляла 0,3 км².

На основе полученной морфометрической характеристики были
вычислены условные показатели распространения оврагов на современной
территории г. Набережные Челны: а) густота овражной сети – 0,13 км/км²;
б) плотность – 0,32; в) коэффициент овражности – 0,006. Полученные ре-
зультаты расчётов можно использовать для сравнения при количественной
оценке изменений морфометрии овражно-балочных систем в пределах На-
бережных Челнов в связи со строительством и расширением территории
города.

И.И. Григорьев, И.И. Рысин

Удмуртский государственный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА АГРОГЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОВРАГОВ В УДМУРТИИ

Овражная эрозия является одним из наиболее опасных природно-
техногенных рельефообразующих процессов, наносящий большой ущерб
земледелию и окружающему ландшафту. Для научно обоснованной борьбы
с оврагами и прогнозирования их роста необходимы длительные стацио-
нарные и полустационарные наблюдения. С этой целью с 1978 г. нами про-
водятся регулярные мониторинговые исследования за развитием 168 ов-
рагов, расположенных в пределах 28 ключевых участков на территории Уд-
муртской Республики. По происхождению все исследуемые овраги относят-
ся к антропогенным, которые мы подразделяем на 2 группы: агрогенные
(сельскохозяйственные) и техногенные. Среди изучаемых оврагов 9 явля-
ются техногенными. В 2002-2007 гг. в наблюдения были вовлечены допол-
нительно 10 техногенных оврагов, т.о. их общее количество составило 19.

Работы по созданию топографических планов вершин оврагов были начаты в 2000 г. С тех пор на 13-ти активно растущих оврагах ежегодно проводятся работы по тахеометрической съёмке. С 2002 г. съёмка осуществляется электронным тахеометром «Trimble 3305», представляющим измерения в электронном виде с большой точностью. С 2006 г. обработка результатов тахеометрической съёмки осуществляется с применением программного комплекса «CREDO». Он состоит из нескольких крупных систем и ряда дополнительных задач, объединённых в технологическую линию обработки информации в процессе создания различных объектов от производства изысканий до ведения мониторинга. Каждая из систем комплекса позволяет не только автоматизировать обработку информации в различных областях (инженерно-геодезических, геолого-геоморфологических и др.), но и сформировать единое информационное пространство, описывающее исходное состояние территории (модели рельефа, ситуации и др.).

В 2007-2008 гг. на одном из оврагов (д. Крымская Слудка Кизнерского района УР) проведена детальная тахеометрическая съёмка, в результате чего было зафиксировано плановое и высотное положение всех микро-неровностей, то есть всех рёбер граней склонов и днища оврага, в том числе его бровки. Всё это позволяет определить объём материала, вынесенного из оврага по отношению к предыдущему моменту наблюдений.

Для вычисления объёмов в проекте должны быть построены две поверхности, между которыми и вычисляется объём в контуре или по сетке квадратов. За исходную поверхность всегда принимается та, которая построена на основании совокупности точек бровки оврага. То есть гипотетически предполагаем, что оврага не существует, и в данном месте расположен ровный склон. Вторая поверхность – реальный овраг, со всеми микро-неровностями на склонах и в днище. Объём грунта, полученный между двумя поверхностями, составляет объём материала, вынесенного из оврага за время его существования. При каждой повторной съёмке объём рассчитывается не по отношению к предыдущему году, а опять же к ровной поверхности, построенной на основании совокупности точек бровки оврага. Объём, вынесенный за год, вычисляется путём нахождения простой разности: объёма оврага в текущем году минус объём в предыдущем году. Так, например, площадь одного из оврагов в д. Крымская Слудка увеличилась с 2007 по 2008 гг. на $257,67 \text{ м}^2$, а объём – на 1473 м^3 , в то время как линейный прирост составил всего около 1 м.

Знание детальных количественных характеристик позволяет, во-первых, оценить рост оврага более полно и масштабно в отличие от традиционных линейных методов, и, во-вторых, позволит осуществлять прогнозирование развития оврага не только в виде линейного роста вершины, но и роста его в глубину и ширину с определением объёма.

Имеющийся в настоящее время материал позволяет подвести некоторые итоги по анализу скоростей роста техногенных и агрогенных оврагов: 1) В 1979 г. рост агрогенных оврагов оказался самым высоким за весь период наблюдений ($2,7 \text{ м/год}$), что связано с аномальными природными усло-

виями того года; прирост техногенных оврагов оказался еще выше (3,9 м/год), но по сравнению с последующими годами прирост их оказывается лишь на среднем уровне. 2) В 1983-1984 гг. произошел спад активности развития агрогенных оврагов, в то время как рост техногенных оврагов достиг максимума за весь период наблюдения – 14,95 м/год. Подобная картина повторялась в 1987, 2002 и 2005 гг. В 1985 и 1988 гг. рост агрогенных оврагов увеличился, в то время как активность техногенных снижалась. 3) В 1989-2001 гг. смена периодов увеличения и уменьшения прироста как техногенных, так и агрогенных оврагов в целом совпадала, но показатели прироста техногенных оврагов почти на порядок выше. При этом для техногенных оврагов характерны довольно резкие скачки в показателях, что не характерно для агрогенных оврагов. 4) В отдельные годы (1978, 1980, 1981 и 1999) прирост техногенных оврагов оказался ниже прироста агрогенных оврагов, что также подтверждает скачкообразное и неравномерное развитие техногенных оврагов, обусловленное преимущественно хозяйственной деятельностью. 5) За последние 15 лет максимальные значения среднегодового прироста техногенных оврагов отмечались в 2001 и 2002 гг. и, соответственно, составили 3,1 и 3,9 м/год. Второй меньший пик их активизации зарегистрирован в 2008 г. (2,1 м/год). Он обусловлен в основном за счёт рекордного прироста двух оврагов, расположенных у д. Юмьяшур (38 м/год) и в с. Крымская Слудка (21,8 м/год). 6) В целом для динамики оврагообразования характерен нисходящий тренд. В 2008 г. средняя скорость роста наблюдаемых оврагов достигла минимума за 34-х летний период, составив 0,05 м/год. В этот год 109 оврагов характеризовались отсутствием годового прироста, а 80 из них имели нулевой прирост в течение последних 5 лет. В 2009 г. средняя скорость роста оврагов существенно возросла, составив 0,16 м/год. В последние 2 года вновь отмечается активизация оврагообразования, их среднегодовая скорость достигла 0,23 м/год.

М.Н. Гусев

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенский государственный педагогический университет

МОРФОДИНАМИКА ОСТРОВОВ КАК ИНДИКАТОР НАПРАВЛЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ р. АМУР

В практике исследования деятельности рек проблеме формирования речных островов (по сравнению с другими русловыми формами) до сих пор уделяется незаслуженно мало внимания. Их изучение ведётся, главным образом, при изучении формирования речных разветвлений. Самостоятельный предметный анализ особенностей строения и динамики островов, как элемента геоморфосистемы «Днище речной долины» (ДРД), позволяет получить весьма ценную информацию о своеобразии её формирования, отражает специфику развития русловых деформаций, что необходимо при разработке мероприятий по рациональному природопользованию в ДРД. Проблема

формирования островов приобретает, таким образом, особую значимость для трансграничных водотоков и, прежде всего, - для р. Амур, т.к. она непосредственно связана с проблемой закрепления государственной границы по её руслу. Именно амурские острова – предмет геополитических споров в наши дни.

Выполнены полевые исследования строения островов в русле среднего течения р. Амур на участке от устья р.Зея до устья р. Бурей, их динамики и результатов камерального анализа топокарт различных годов издания за период: с 1900-1907 гг. по 1980-1985 гг. Основное внимание обращалось, прежде всего, на топологию островов, их морфологию и морфометрию, характер изменения этих характеристик во времени и в пространстве. Началом их формирования служат простейшие и очень динамичные русловые формы – побочни и осередки, активно возникающие в русле на спаде паводков. Они сложены преимущественно песчано-галечным материалом, их параметры в плане – от 300×50 м до 1200×200 м, чаще – $500-700 \times 100-150$ м. В благоприятных гидродинамических условиях они эволюционируют в более крупные (площадью до $0,1-0,2$ км²) и стабильно развивающиеся формы – *малые острова* (48,9% от общего числа островов), называемые нами так за их небольшие размеры. Относительная высота их поверхности – до 2,5-3,5 м. Вместе с элементарными русловыми формами (осередками) и частью островов, относимых нами к группе средних по площади ($0,21-2,0$ км²), но низких по высоте ($< 2,5-3,0$ м), они выделены в категорию молодых островов (71,2% от общего числа островов). В паводки они затапливаются наиболее часто, для них характерна повышенная динамичность, резко выраженный первично флювиальный микрорельеф, сравнительно грубый (преимущественно песок) состав пойменной фации аллювия (мощностью $0,5-1,0$ м), перекрывающим плащом русловую фацию аллювия.

В пределах *средних островов* (площадью $0,61-2,0$ км²) русловой аллювий местами залегает на высоте 1,5-2,0 м над урезом; его обычно перекрывает песок, реже – супесь, общей мощностью до 2,5-3,0 м. Рельеф таких островов представлен сочетанием русловых форм, расположенных преимущественно в интервале высот от 2,5-3,0 м до 4,0-4,5 м над урезом. Он составляет основу их строения, к которой местами примыкают более низкие массивы. В плане такие острова, как правило, ориентированы согласно протеканию русла, коэффициент вытянутости ($K = l/b$, где l – длина, b – ширина) обычно более 2,0-2,5. Особенности строения этих форм позволяют относить их к категории зрелых островов (16% от общего числа островов).

К категории наиболее зрелых островов (12,8% от общего их числа) отнесены формы, по своим размерам представленные *группой крупных островов* (площадью более 2 км²), которые логичнее называть островными массивами. Преобладающие высоты их поверхности располагаются в интервале от 3,5-4,0 до 5,5-6,0 м над урезом и приближаются к отметкам прибрежных пойменных массивов. Их периферию местами осложняют участки, располагающиеся гипсометрически ниже основной поверхности, рельеф которых не является доминантой в общей морфологии островов. Длинные оси таких

островов не всегда согласны простиранию русла, а их коэффициент вытянутости нередко снижается до 2,0-2,5 и даже меньше 1. Ландшафты их существенно преобразованы в ходе сельскохозяйственной деятельности.

Взаимное расположение островов, их морфометрические параметры и динамика во многом зависят от местных условий формирования ДРД. Ниже устья р. Зея (906-973 км судового хода от г. Хабаровск) в пределах относительно прямолинейного русла острова формируются в основном последовательно вдоль противоположных берегов с устойчивым шагом 4-7 км (преобладающий – 5-6 км). Средний коэффициент вытянутости островов – 4,5. Среди них в количественном отношении преобладают молодые (58,5%) и зрелые острова (39,1%). Ниже по реке (812-906 км) возрастает количество островов, меняются их морфометрические параметры, пространственное положение в составе русла и ДРД, а также – возрастная структура: в количественном отношении доля наиболее зрелых увеличивается (27,3%), а доля молодых уменьшается (31,8%). Коэффициент вытянутости многих островов снижается до значений менее 2, а показатель разветвлённости русла – возрастает с 0,7 (на участке 906-973 км) до 0,9. Ниже 812 км острова обычно развиваются в непосредственной близости от берегов в вершинах или вдоль крыльев крупных адаптированных излучин. Количество островов заметно уменьшается: показатель разветвлённости русла снижается до 0,6. В количественном отношении удельный вес молодых островов вновь увеличивается (46,5%), а наиболее зрелых – практически не меняется (27,6%).

Пространственный анализ развития островов в течение 20 века свидетельствует о существенных русловых переформированиях р. Амур. Динамика островов вдоль реки в этот период была разнообразной и неравномерной, что связано со своеобразием внешних условий формирования ДРД. Однако в целом для всего исследуемого участка русла характерны небольшие сокращения количества (на 6,9%) и суммарной площади (на 1,1%) островов, что свидетельствует о преобладающем размыве островов и, следовательно, о высокой транспортирующей способности р. Амур, обеспечивающей её преимущественное врезание.

М.Н. Гусев

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенский государственный педагогический университет

К ВОПРОСУ ОБ УСЛОВИЯХ И ХАРАКТЕРЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ р. АМУР В ЕЁ СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ

Речные берега – одни из наиболее динамично развивающихся элементов геоморфосистемы «Днище речной долины». Их изучение имеет большое научное и практическое значение: они во многом определяют характер развития русла и пойменных массивов. Для р. Амур познание особенностей формирования берегов приобретает особую важность, т.к. по её

фарватеру на протяжении около 2000 км проходит государственная граница между Россией и Китаем. Нестабильное положение берегов зачастую провоцирует и миграцию по днищу долины фарватера реки, что может порождать межгосударственные проблемы так называемых «спорных территорий». Это диктует проведение регулярных наблюдений за динамикой берегов пограничной реки. В ходе них установлено, что нестабильное положение берегов р. Амур особенно характерно на участках разветвлённого русла. Как правило, они приурочены к наиболее динамичным перекатам, формирующимся в узлах разветвлений.

В последние годы повышенная изменчивость русла свойственна р. Амур в её среднем течении, например, в пределах Нижне-Константиновского переката. Особенности его развития в последние 10-12 лет обусловили существенные переформирования русла и миграцию фарватера к левому берегу. В ходе них чрезвычайно интенсивно размывается российский берег. Так в районе с. Орловка береговой откос за последние 5-7 лет отступил в глубь российской территории на расстояние 50-100 м. За этот период интенсивность его размыва в среднем изменялась от 8 до 17 м/год. Длина фронта размыва составила около 3,5-4,0 км. В результате размыва уже уничтожено около 0,5 км² российской территории с находящимися на ней постройками, в т.ч. жилым домом; возникла реальная угроза разрушения других зданий и хозяйственных построек населённого пункта. С чем связаны столь быстрые деформации российского берега, приведшие к территориальным и экономическим потерям, которые провоцируют миграцию фарватера и государственной границы? Каковы условия, интенсивного размыва российской территории?

На исследуемом участке р. Амур система вытянутых (до 6-9 км длиной и 1-3 км шириной) крупных островов на протяжении около 40 км делит её русло на два рукава. В настоящее время основное течение (и фарватер реки) концентрируется в левостороннем рукаве, а «Протока Старый Амур» (вдоль правого берега), потерявшая статус судоходного рукава ещё в начале прошлого века, постепенно заносится (не без рукотворного участия) наносами. Главный рукав развивается по типу разветвлённо-извилистого русла (в терминологии МГУ), когда острова и их группы формируются в вершинах пологих изгибов динамической оси потока. Группы островов в вершинах её смежных изгибов образуют перекааты. Динамика перекаатов, их режим в своих основных чертах определяет местные переформирования русла, развитие островов и береговых откосов. На рассматриваемом участке Нижне-Константиновского переката динамическая ось потока основного рукава р. Амур до недавнего времени огибала остров Песчаный справа. Её кривизна составляла значение 1,33. Относительно стабильное положение динамической оси и переката поддерживались благодаря инженерно-техническим мероприятиям в русле вплоть до 90-х гг. XX в. Сложившаяся структура течений в последующее время претерпела существенные изменения в результате активизации транспорта наносов. Исток основной протоки вдоль правого плеча о. Песчаный «закупорило» смещающимся вниз побоч-

нем. Основное течение реки спрямилось, сконцентрировавшись вдоль левого плеча о. Песчаный. Возросшая мощь водотока привела к интенсивному переформированию о. Маленький, некогда отделявшему левобережный откос (в районе с. Орловка) от основного потока. В ходе такой перестройки правое плечо о. Маленький, ориентированное под большим (около 70°) углом к левому берегу, в настоящее время исполняет роль направляющей шпоры, отклоняя часть основного потока к российскому берегу. Она вместе с осередком, расположенным ниже по реке и также ориентированного к левому берегу под углом, близкому к прямому, образует самостоятельный поток, течение в котором направлено почти перпендикулярно к берегу. Это и высокая скорость течения (до 2,2–2,5 м/с) в нём обеспечили интенсивный размыв берега в с. Орловка. Непосредственно вдоль подножья берегового откоса сформировалась глубокая (до 6–8 м) плёсовая ложина, отбирающая от основного водотока значительную часть стока.

Резкая перестройка в русле, вызванная активизацией смещения переката (до 130 м/год), и интенсивные размывы берега в районе с. Орловка последовали вслед за повсеместным укреплением китайского берега. В настоящее время всё правобережье (от створа с. Орловка и выше по реке) на протяжении более 30 км сплошь укреплено от размыва и защищено от проникновения паводковых вод. В результате все откосы, которые до выполнения инженерных мероприятий активно снабжали водоток обломочным материалом, вышли из зоны размыва. В результате транспортирующая способность потока (и без того высокая) возросла ещё больше, что ускорило смещение переката, а также связанные с этим переформирования в русле и последовавший за ними интенсивный размыв российского берега. Резкому повышению транспортирующей способности способствуют и высокие дамбы, защищающие правобережные пойменные массивы от проникновения в их пределы паводковых вод. Та часть воды, которая ранее распределялась по правобережным пойменным массивам, сейчас концентрируется в главном русле и в пределах левосторонней поймы. Всё это не может не влиять на общий транспорт наносов, изменяет его характер, особенности и интенсивность, а с ним, неизбежно – режим формирования русла. Особенно отчётливо и активно это проявилось в период (с середины 90-х гг. XX в.) свёртывания инженерных (дноуглубительных и русловыправительных) работ по поддержанию судового хода р. Амур в исправном состоянии.

Таким образом, в основе горизонтальных русловых деформаций, приведших к интенсивному размыву российского берега и нестабильному положению фарватера (прежде всего, в районе с. Орловка) в последние годы лежит активизация транспорта наносов, ускоренное смещение по реке крупных гряд (перекатов), инициируемое широкомасштабным укреплением правобережных откосов и защитой прилегающих пойменных массивов от затопления. Отказ от выполнения инженерных работ в русле Амура только усугубил негативное проявление одностороннего берегоустройства, не способствует стабильности судового хода, увеличивает флуктуации фарватера реки.

МАЛЫЕ ЭРОЗИОННЫЕ ФОРМЫ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН МОСКВЫ*

В европейской части России многие древние города располагаются на заовраженных территориях. В этом ряду находится Москва. Раньше «черторои» (овраги), а также многочисленные озерки и старицы составляли неотъемлемую часть московского природного ландшафта. С тех пор естественный рельеф Москвы претерпел существенные изменения под влиянием многолетнего интенсивного строительства и в основном крупные овражно-балочные формы сохранились только в рекреационных зонах города, среди которых лесопарки «Битцевский лес» и «Тропарёвский», заповедник «Коломенское», заказник «Крылатские Холмы» и другие.

Битцевский лесопарк, расположенный на юге Москвы между Балаклавским проспектом, жилыми кварталами Чертанова, Северного Бутова, Ясенева, Тёплого Стана и Коньково, является одной из крупнейших природных территорий Москвы. Здесь с запада на восток протекают реки Чертановка, Городня и Битца с многочисленными притоками. Только в пределах лесопарка долины речек сохранили свой естественный вид: V-образные поперечные профили, крутые склоны. В настоящее время активных оврагов не наблюдается. Овражно-балочные системы в бассейнах вышеперечисленных рек представляют собой зарастающие эрозионные врезы глубиной 5-6 м с пологими склонами.

Лесопарк «Тропарёвский» расположен на юго-западе Москвы вдоль МКАД между Тропарёвской улицей и Ленинским проспектом. Овраги (Воронинский, Кукринский, Бреховский и др.) находящиеся в пределах парка, относятся к бассейну реки Очаковки, которая пересекает всю территорию лесопарковой зоны. Верховья всех оврагов засыпаны. Глубина их – до 8 м, ширина по дну – от 5 до 8 м.

Наибольший интерес с точки зрения развития процессов линейной эрозии представляют собой «Крылатские Холмы» и «Коломенское».

Заказник «Крылатские Холмы» находится на западе Москвы между районами Кунцево, Строгино и Филёвский парк. Он имеет три крупные овражные системы (Каменные Заразы, Каменная Клетва и Татаровский), образовавшиеся более 500 лет назад. В них активно развиваются процессы линейной эрозии, что подтверждается высокими темпами роста отвершков. Главным образом, их развитие связано со строительством жилых объектов на овражных водосборах, что привело к нарушению условий формирования стока, а также с отсутствием постоянного обследования надёжного функ-

* Работа выполнена по гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-79.2012.5) и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00385).

ционирования водосбросных систем, многие из которых оказались заполнены строительным и бытовым мусором.

В весенне-летний период 2004 г. на левом борту оврага Каменные Заразы произошёл размыв (в результате сброса воды через дюкер), который к настоящему времени достиг значительных размеров: глубина – 15-20 м, длина – около 50-60 м. В правом отвершке того же оврага из-за вывода в него ливневой канализации образовался донный врез, скорость роста которого приблизительно равна 2 м/год. Татаровский овраг помимо растущей вершины имеет несколько действующих отвершков. Активное развитие линейной эрозии в древних овражных системах угрожает разрушением велотрассе, которая проходит по территории Крылатского заказника.

Коломенский заповедник, расположенный на юге Москвы, пересекают две крупные овражные системы (Голосов и Дьяков овраги). Овраги представляют собой эрозионные формы с крутыми, залесёнными бортами. В вершине одного из отвершков Дьякова оврага в результате неправильного функционирования ливневой канализации образовался врез, который к настоящему моменту имеет следующие размеры: глубина – 10-12 м, ширина – 5-6 м. В Голосовом овраге, расположенном в более посещаемой части парка, активного развития процесса овражной эрозии не отмечается. Его нижняя часть превращена в рекреационную зону (на террасе сооружён декоративный пруд, через овраг перекинута живописные мостики).

С.А. Двинских, О.В. Ларченко, А.А. Шайдулина

Пермский государственный национально исследовательский университет

ОСОБЕННОСТИ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ

Проблема русловых деформаций является одной из наиболее спорных в современной гидрологии. Сложность ее изучения заключается как в самой физике процесса, так и недостатке эмпирического материала наблюдений за русловыми процессами в природных условиях. Последнее связано с тем, что в отличие от наблюдений за процессами стока, не существовало и не существует развитой сети наблюдений за русловыми процессами. Имеющийся эмпирический материал, как правило, ограничен во времени и в пространстве, а его объем сильно варьирует для разных рек. Ввиду последнего применение тех или иных разработанных методов анализа русловых деформаций ограничено. Еще большую сложность представляют исследования деформаций дна и берегов водохранилищ.

Наука, занимающаяся изучением водохранилищ, сравнительно молода и нуждается в постоянном развитии и совершенствовании знаний. Многие её аспекты были переняты из других гидрологических дисциплин, некоторые из которых опирались на исследования озер, а другие – рек. К части, пришедшей из гидрологии рек, относятся и процессы формирования ложа водохранилищ. Хотя знак равенства между ними ставить нельзя, так

как русловые процессы, в основном, обусловлены речным потоком, в то время как на водохранилищах мы имеем дело с замедленным водообменном и искусственным регулированием, но можно согласиться с Р.С. Чаловым, что и в этом случае *«русловые процессы — это завершающее звено гидрологических процессов и явлений, связанное с воздействием постоянных водных потоков на поверхность суши»*. Однако при исследовании геодинамических процессов формирования русла на водохранилищах необходимо учитывать их индивидуальность, связанную с природно-техногенным генезисом, который во многом определяет особенности их формирования. Также обязательным является учет характера геодинамических процессов, которые меняются под влиянием гидрологических процессов и особенностей местности.

При этом механизм процессов формирования русла значительно отличается в разных зонах водохранилища. Водохранилища имеют в своей структуре две зоны — глубоководную и мелководную. И, если деформации глубоководной зоны схожи с деформациями в речном русле, так как преобладают вертикальные русловые деформации, вызывающие трансформацию продольного профиля и изменение отметок дна русла (врезание или аккумуляция наносов), то на мелководьях, в основном, развиваются горизонтальные деформации, влекущие перемещение русла в плане, размывы и намывы берегов и деформации, связанные с грядовым движением наносов.

Различные условия создаются в верхнем и нижнем приплотинном районах водохранилища. Здесь ведущая роль принадлежит искусственному регулированию стока, которое по-разному (но одинаково сильно) в верхнем и нижнем бьефе влияет на развитие деформаций. Нужно отметить значительную роль обратных волн попусков, связанных с искусственным регулированием стока. Деформации ложа водохранилища носят постоянный и интенсивный характер благодаря активной переработки его дна и берегов.

В теории русловых процессов исторически сложились три подхода к оценке деформаций: геоморфологический, гидродинамический и гидроморфологический. В ходе наших исследований в качестве основной теории при изучении процессов деформаций, протекающих в верхнем и нижнем бьефах водохранилища, использована гидроморфологическая теория, но использовалась она совместно с системным подходом. Возможность этого объясняется согласованностью принципов гидроморфологической теории и системного подхода. Об этом же говорят и исследования Н.С.Знаменской.

Системообразующим фактором русловых и геодинамических процессов, по нашему мнению, является гидрологический режим потоков. Исходя из этого, нами разработана схема изучения геодинамических процессов формирования русла водохранилищ.

Представленная схема позволяет анализировать характер русловых и геодинамических процессов под влиянием особенностей гидрологического режима водного объекта с учётом определяющих специфических условий.

Согласно предложенной схеме нами изучены геодинамические процессы, происходящие в верхнем и нижнем бьефах Камского водохранилища.

СТОК НАНОСОВ И ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОРНЫХ РЕК КАЗАХСТАНА

В работе произведена оценка твёрдого стока и эрозионной деятельности горных рек Казахстана на примере репрезентативных горных районов Республики – Иле Алатау (Заилийского Алатау), Жетису Алатау (Джунгарского Алатау) и Казахстанской части Горного Алтая.

Выявлены основные факторы формирования твёрдого стока рек территории и оценена изученность жидкого и твёрдого стока по состоянию на 2012 г., проведён анализ полноты и качества наблюдений. Установлено, что на реках рассматриваемых горных районов Казахстана в общей сложности насчитывалось 69 пунктов наблюдений за твёрдым стоком (62 – РГП «Казгидромет» и 7 – других ведомств). Из них в Иле Алатау было расположено 25 пунктов, в Жетису Алатау – 27, а в Казахстанской части Горного Алтая – 17 пунктов. Продолжительность периодов наблюдений за стоком взвешенных наносов колеблется от 2 лет до 61 года. Сеть наблюдений за твёрдым стоком в последние годы постоянно сокращалась. К 1996 г. в Иле Алатау действовало 4 пункта наблюдений за стоком наносов, в Жетису Алатау – 2, а в Горном Алтае – всего 1. К 2000 г. и на указанных гидрологических постах наблюдения за твёрдым стоком были прекращены. В этих условиях возникает необходимость в совершенствовании существующих и разработке новых расчётных методов определения твёрдого стока при отсутствии и недостаточности данных наблюдений, чему и посвящена настоящая работа.

Авторами исследован жидкий сток, гранулометрический состав и сток взвешенных и донных наносов, мутность воды за весь период наблюдений, а также ионный сток. Прежде всего, рассмотрены закономерности формирования, особенности режима, уточнены основные характеристики стока взвешенных наносов, как наиболее изученной составляющей водной эрозии.

Для анализа многолетних колебаний твёрдого стока использованы методы: разностных интегральных кривых модульных коэффициентов годового стока; скользящего осреднения; аналитического выражения линейного тренда; корреляционных функций. Получено, что для одного и того же створа колебания твёрдого и жидкого стока не всегда синхронны. Выявлен неодновременный переход от периодов с повышенными (пониженными) значениями стока воды и наносов к периодам, за которые их значения ниже (выше) нормы. При этом для всех створов отмечается переход к маловодному (многоводному) периоду позже, чем переход к периоду со стоком наносов ниже (выше) нормы, что можно объяснить влиянием на твёрдый сток периода накопления рыхлообломочного материала. Отмечена асинхронность колебаний как расходов воды, так и расходов наносов рек в Иле Ала-

тау, Жетису Алатау и Горном Алтае, что обусловлено разной степенью оледенения их бассейнов, неравномерным выпадением осадков вдоль хребтов и по высоте местности, а также индивидуальными особенностями бассейнов в отношении накопления и расходования рыхлообломочного материала.

В работе рассмотрен комплекс вопросов, связанных с расчётом основных характеристик годового стока воды, наносов и мутности воды горных рек Казахстана. Выявлен ряд зависимостей стока взвешенных наносов и мутности воды рек исследуемой территории от определяющих факторов, которые могут быть использованы для неизученных горных рек.

С применением ГИС-технологий созданы карты мутности воды рек для территории Иле и Жетису Алатау, которые могут служить лишь для получения приближённых величин мутности воды рек.

Обобщены имеющиеся данные о гранулометрическом составе наносов рек рассматриваемой территории. Определены гранулометрические параметры наносов, а также выявлены закономерности формирования и территориально-временного изменения гранулометрического состава взвешенных и донных наносов. Созданы схематические карты содержания мелких частиц (процент фракций менее 0,05 мм) в составе взвешенных наносов горных рек Иле и Жетису Алатау.

Рассмотрен твёрдый сток как показатель развития эрозионных процессов на водосборе. Дана оценка эрозионной деятельности горных рек Казахстана. Рассчитан суммарный смыв с их бассейнов на основе его трёх главных составляющих – стока взвешенных, влекомых наносов и стока растворенных веществ, получены данные о скорости эрозии и денудационном метре. Величина слоя смыва, определяемая стоком взвешенных наносов, изменяется в Иле Алатау от 0,003 мм/год до 0,39 мм/год, в Жетису Алатау – от 0,01 мм/год до 0,09 мм/год, а в Горном Алтае – от 0,006 мм/год до 0,068 мм/год. Сток влекомых наносов для разных рек территории принят равным от 45% до 60% от взвешенных. Анализ результатов расчётов показал, что средняя скорость суммарной эрозии в Иле Алатау составила 0,17 мм/год, а в Жетису Алатау – 0,08 мм/год, т.е. в 2 раза меньше, что объясняется меньшими уклонами и большей устойчивостью пород в Жетису Алатау. Средняя скорость суммарной эрозии в Горном Алтае составляет 0,093 мм/год. Интенсивность эрозии резко убывает от крупных рек к средним. Сопоставление величин суммарной эрозии с опубликованными данными показывает, что для бассейнов горных рек Казахстана характерны средние условия эрозии горных районов Земли. Рассчитанные величины суммарного смыва можно использовать в долгосрочных прогнозах понижения или повышения поверхности водосборов. Полученные закономерности, зависимости, формулы, рекомендации и выводы могут быть применены в практике гидрологических расчетов для рассматриваемых районов, они могут быть также полезны при аналогичных научных исследованиях по другим горным районам.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОСОБО ЦЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ УКРАИНЫ: ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Под термином «ресурсный потенциал» понимают объем ресурсов, выраженный в сопоставлении с народнохозяйственными потребностями (отражающимися в целях социально-экономического развития) и с учетом расширения и пополнения этих ресурсов в долгосрочной перспективе. Это понятие относится и к оценке особо ценных земель. Такая их категория определена статьей 150 Земельного кодекса Украины от 25.10.2001 г. № 2768-III и выделена согласно действующему перечню особо ценных земель. В частности, к ним отнесены: черноземы незерозированные несолонцеватые на лессовых породах; лугово-черноземные незасоленные несолонцеватые суглинистые почвы; темно-серые оподзоленные и черноземы оподзоленные на лессах и глееватые; бурые горно-лесные и дерновобуроземные глубокие и среднemosные; дерново-подзолистые суглинистые почвы; торфяники с мощностью залегания торфа более одного метра и осушенные независимо от мощности; коричневые почвы Южного побережья Крыма; земли, предоставленные в постоянное пользование НΠΑО «Массандра» и предприятия, входящим в его состав; дерновые глубокие почвы Закарпатья; земли опытных полей научно-исследовательских учреждений и учебных заведений; земли природно-заповедного фонда; земли историко-культурного назначения.

Изучение характеристик ресурсного потенциала – одно из важнейших условий обеспечения эколого-экономического развития региона. Сущность ресурсного потенциала территории это выраженная в общественной потребительской стоимости совокупная продуктивность природных ресурсов как средств производства и предметов потребления. Таким образом, под ресурсным потенциалом особо ценных земель необходимо понимать одну из составляющих ресурсного потенциала, для которой характерны свои особенности, определенная структура и специфический состав элементов. Его рациональное использование лежит в основе улучшения качества жизни и здоровья населения, повышения уровня благосостояния, сохранения медленно возобновляемых ресурсов территорий для будущих поколений.

Актуальность изучения особо ценных земель, оценки их ресурсного потенциала обусловлена рядом причин, среди которых необходимо отметить: отсутствие четкого определения сущности особо ценных земель с социально-экономической и географической точек зрения; недостаточным правовым обеспечением использования этих земель; ключевой их ролью в обеспечении продовольственной безопасности страны, а также их нерациональным использованием, ведущим к ухудшению экологической безопасности страны.

Вопросы экологически безопасного использования особо ценных земель в рыночных условиях остаются не решенными в экономическом,

экологическом и социальном аспектах или являются дискуссионными, особенно в отношении их роли в формировании устойчивого развития землепользования. Следовательно, проведение исследований в направлениях оценки земельно-ресурсного потенциала весьма актуальны.

Среди подходов к определению ресурсного потенциала особо ценных земель выделяют географический, экономический, экологический, землеустроительный и природоохранный подходы.

Тип почвы – основа особо ценных земель. Трактование сущности особо ценных земель базируется на учете свойств того или иного типа почвы и характера ее хозяйственного использования. Оно положено в основу определения ресурсного потенциала особо ценных земель. Ресурсным потенциалом особо ценных земель называем возможность получения выгоды (прибыли) при их использовании в различных отраслях хозяйства. В структуре ресурсного потенциала выделяем: 1) Особо ценные высокопродуктивные почвы. Такие почвы с сельскохозяйственными угодьями занимают 11950,65 тыс. га (19,8% территории Украины). Их, в свою очередь, подразделяют на почвы общегосударственного и регионального значения. Особо ценные земли доминируют в структуре сельскохозяйственных угодий в Лесостепной и Степной зонах, где независимо от природно-сельскохозяйственной провинции они занимают от 15,0% (Степная Придунайская) до 40,2% (Степная засушливая Левобережная). 2) Земли природно-заповедного фонда по оперативной информации Госкомзема Украины состоянием на 20.03.2012 г. занимают 3326,4 тыс. га (5,5% территории Украины). В том числе, 655 объектов общегосударственного значения на площади 1590,6 тыс. га и 7513 объектов местного значения на площади 1735,8 тыс. га. Их потенциал сконцентрирован в Херсонской (13 объектов общегосударственного и 66 местного значения на площади 272,7 тыс. га), Черниговской областях (22 объекта общегосударственного и 633 местного значения на площади 240,2 тыс. га), АР Крым (44 объекта общегосударственного и 137 местного значения на площади 178,4 тыс. га). 3) Земли историко-культурного назначения. Особо ценные земли историко-культурного назначения занимают незначительную территорию 45,9 тыс. га (0,1% территории Украины), но в тоже время они аккумулируют в себе жизненные и эстетические идеалы прошлых поколений, являются важной составляющей мировой культурной сокровищницы, мощным духовным потенциалом и особым видом национального богатства украинского народа. 4) Земли опытных полей научно-исследовательских учреждений и учебных заведений. Особо ценные земли приурочены к опытным полям научно-исследовательских учреждений и учебных заведений, они занимают 458,7 тыс. га (0,8% территории Украины). 5) Другие особо ценные земли. К ним будем относить земли в составе категорий земель, выделение которых не предусмотрено действующим перечнем, а именно: лесохозяйственного назначения (особо защитные лесные участки, участки с плюсовыми деревьями и т.п.); рекреационного назначения (территории с уникальными невозобновляемыми природными рекреационными ресурсами); оздоровительного

назначения (территории с уникальными природными лечебными свойствами); земли общественной и жилой застройки (земельные участки градостроительной ценности и т.д.); водного фонда (прибрежные защитные полосы, частично земли водоохранной зоны).

В использовании и изучении ресурсного потенциала особо ценных земель существует ряд проблем: Законодательные и нормативно-правовые проблемы. Не решены вопросы отнесения к категории особо ценных земель и использования особо ценных почв регионального значения; существует необходимость усовершенствования дефиниции «особо ценные земли» и их правового статуса, режима; острой является необходимость правоведческого усовершенствования классификации особо ценных земель; важной задачей выступает необходимость разработки и утверждения классификатора особо ценных земель. Организационные проблемы. При использовании особо ценных земель игнорируются требования эколого-безопасного земледелия; наблюдается необоснованное увеличение доли технических («почвоистощающих») культур в структуре посевных площадей; неопределенность границ особо ценных земель в натуре и отсутствие этой информации в базе данных земельного кадастра (кадастрово-регистрационной системе); не осуществляется организация систематического контроля за использованием и охраной особо ценных земель; не ведутся наблюдения за состоянием почвенного покрова особо ценных земель для предупреждения возникновения неблагоприятных морфодинамических процессов.

Научные проблемы, которые главным образом касаются недостаточного уровня изучения особо ценных земель.

Эколого-экономические проблемы. Почвенному покрову свойственны неблагоприятные процессы (эрозия (водная, ветровая), подтопление, засоление, осолонцевание, загрязнение тяжелыми металлами, остатками пестицидов); происходит необоснованное использование земель (в том числе особо ценных), связанное, в первую очередь, с несоблюдением (нарушением) севооборотов; случаи изъятия и предоставления особо ценных земель для других целей, их чрезмерная распашка, порча, использование не по целевому назначению и т.д.; происходит блокировка процессов создания крупнотоварных хозяйств рыночного типа, в результате чего ценные продуктивные земли используются не на «полную мощность», что в условиях интеграции Украины во ВТО кардинально снижает конкурентоспособность отечественного сельского хозяйства на мировых рынках; сдерживается оптимизация сельскохозяйственного землевладения и землепользования: невозможно улучшить технологические условия использования сельскохозяйственных земель вследствие нерациональных размеров землевладений, чересполосицы, вкрапления мелких участков других собственников в массивы земель крупных хозяйств; снижение инвестиционной привлекательности особо ценных земель, что связано с отсутствием публичной информации об их расположении, состоянии и использовании и т.д.

Информационные проблемы. Они связаны с фрагментарностью данных об особо ценных землях, отсутствием учета особо ценных земель в

материалах государственной статистической отчетности (как по количественному, так и качественному учету земель); отсутствует полноценная информация об особо ценных землях на планово-картографических материалах; не предусмотрено фиксирование и регистрация ограничений в использовании особо ценных земель в базе данных Государственного земельного кадастра; не осуществляется учет особо ценных земель в Украине в соответствии с указаниями Государственного комитета Украины по земельным ресурсам № 55 от 03.11.1997 г. «Об использовании, охране и мониторинге особо ценных земель»; отсутствие в on-line режиме картографической и семантической информации о пространственном размещении особо ценных земель, их состоянии; для современного учета особо ценных земель характерны разобщенность и фрагментарность информации об особо ценных землях, ее отсутствие в базе единой государственной геоинформационной системы данных. С нашей точки зрения, информационная база необходимая для изучения ресурсного потенциала особо ценных земель должна включать статистическую, картографическую, ведомственную информацию и базироваться на ГИС.

Важно также отметить и проблемы картографирования особо ценных земель. Геоинформационно-картографический метод исследования должен широко использоваться при изучении природно-ресурсного потенциала особо ценных земель. Картографический метод исследования имеет потенциальные возможности в планировании использования особо ценных земель, рационализации земле и природопользования.

Управленческие проблемы. Отсутствует действенный общественный контроль за использованием особо ценных земель по целевому назначению; не определены механизмы учета качества особо ценных земель, использования этих показателей при формировании устойчивого землепользования; не выполняются работы по оптимизации использования особо ценных земель, их охраны и т.п.; актуальной остается проблема формирования комплексной системы наблюдений (мониторинга) особо ценных земель, создание полноценного их реестра (кадастра), с отображением особо ценных земель на базовых (индексных) кадастровых планах и картах, а также ограничений и обременений связанных с их использованием; требует разработки концепция безопасного землепользования, рассмотрение управления земельными ресурсами через призму минимизации рисков в сфере использования и охраны земельных ресурсов (прежде особо ценных земель).

Выводы: 1) Украина обладает высоким ресурсным потенциалом особо ценных земель (их доля в сельскохозяйственных угодьях 28,6%, земли природно-заповедного фонда составляют 5,5% территории Украины, земли историко-культурного назначения – 0,1% территории Украины и особо ценные земли опытных полей научно-исследовательских учреждений и учебных заведений – 0,8% территории Украины). 2) Существует широкий спектр проблем изучения, использования, мониторинга состояния и управления особо ценных земель. К наиболее острым, требуемым оперативного решения относим законодательные и нормативно-правовые, организацион-

ные, научные, эколого-экономические, информационные, управленческие. 3) Перспективными направлениями изучения особо ценных земель считаем: усовершенствование дефиниции «особо ценные земли» и их правового режима; разработку и утверждение классификатора особо ценных земель; усовершенствование учета особо ценных земель в кадастрово-регистрационной системе; усовершенствование организационно-методических основ государственного управления в сфере земельных ресурсов и особо ценных земель; обеспечение охраны особо ценных земель и их плодородия, систематического контроля за использованием и мониторинга; разработку научных основ оптимизации государственной политики по соблюдению экологической безопасности при использовании особо ценных земель. 4) Для оптимизации использования особо ценных земель важно решить такие вопросы как решение проблем картографирования особо ценных земель и их отображения в базе данных государственного земельного кадастра, решение эколого-экономических проблем использования особо ценных земель, которые главным образом связаны с разработкой и соблюдением проектов эколого-экономического обоснования севооборотов, предупреждения неблагоприятных процессов.

И.Е. Егоров, И.В. Глейзер

Удмуртский государственный университет

РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ОСЫПАНИЯ И ОБВАЛИВАНИЯ НА ПРАВОБЕРЕЖЬЕ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Осыпные и обвальные склоны представлены на равнинных территориях в целом нешироко. Вместе с тем, на отдельных участках эти процессы играют доминирующую роль в развитии склонов. К ним относятся прежде всего берега водохранилищ.

В береговой зоне Воткинского водохранилища данные процессы, наряду с абразией, играют основную роль в его заилении и, как следствие, в уменьшении полезного объема воды.

Формирование осыпей и обвалов тесно связано с явлениями, происходящими в зоне питания, где происходит дезинтеграция пород, поэтому их исследование проводится по двум направлениям: 1) с точки зрения подготовки обломков к смещению; 2) при изучении особенностей формирования осыпного шлейфа.

Главное значение имеют условия, в которых эти процессы развиваются: высота осыпного склона, его экспозиция, состав слагающих склон пород, проявление сопутствующих геоморфологических процессов, погодные условия и их ход в годовом режиме.

На склонах, сложенных в основном песчаниками, быстрее разрушается верхняя часть денудационной стенки. Верхние слои песчаников всегда более рыхлые, что, по-видимому, вызвано изначально их высокой водопроницаемостью.

ничаемостью и разрушением процессами физического, особенно морозного, выветривания. У подножий сложенных песчаниками невысоких осыпных склонов доля грубообломочного материала невелика. В составе осыпи преобладают пески с небольшими добавками валунов и щебня. Осыпные шлейфы склонов, сложенных алевролитами, представлены больше щебнем и дресвой с глинистым заполнителем.

Для осыпей характерна некоторая сортированность материала с преобладанием крупных обломков в нижней части шлейфа и постепенным уменьшением их размера вверх. В связи с этим, так как угол естественного откоса для крупных обломков возрастает до $45-50^\circ$, а для мелких уменьшается до 35° , продольный профиль молодых и больших крупноглыбовых осыпей оказывается выпуклым, и наблюдается резкий переход от склона осыпи к поверхности её основания. В щебневых осыпях профиль приближается к прямому или слабовогнутому.

Внешнее различие между осыпными и обвальными склонами выражено незначительно.

В пределах береговой зоны Воткинского водохранилища каменные обвалы встречаются редко. Земляные обвалы характерны для склонов оврагов и искусственных земляных откосов, берегов водохранилища, сложенных четвертичными суглинками. Смешанные обвалы имеют наиболее широкое распространение и происходят в большинстве случаев. Такой тип обвалов обусловлен, прежде всего, геологическим строением береговой зоны водохранилища, где в разрезе обнажившихся коренных пород мы наблюдаем чередование слоёв песчаников, конгломератов, алевролитов и глин. Здесь, наряду с твёрдыми обломками, образуется глинистый, известковый и песчаный материал. Рыхлые горные породы из обвала в дальнейшем размываются волнами во время штормов, а скальные обломки длительное время остаются на месте падения. Появление у подножья крутого склона скоплений крупных валунов каменных и смешанных обвалов сильно уменьшает темпы абразионных процессов на данном участке берега водохранилища, поскольку они гасят действие волн. При этом подводная часть прибрежной зоны на таких участках имеет, как правило, большие уклоны в сторону водохранилища.

Средняя скорость осыпания на склонах меняется год от года, поэтому трудно выделить главные тенденции в динамике развития процесса при коротком ряде наблюдений. Благоприятные предпосылки для осыпных процессов создаются после зим с чередующимися морозами и оттепелями при малой мощности снежного покрова.

На участках берега, где песчаники переслаиваются с алевролитами, процесс осыпания последних может привести к обваливанию путём постепенного обнажения более устойчивых пород песчаника на склоне. Последние образуют своеобразный навес и под силой тяжести через некоторое время обваливаются. Часто процессы осыпания и обваливания протекают одновременно.

Верх осыпи каждый год смещается. Коллювий периодически размывается дождевыми и тальными водами, смещается крипом, движется вниз вместе с телом оползня, на котором залегаёт. Поэтому точные тахеометрические съёмки не гарантируют таких же точных данных по объёмам горных пород, вовлечённых в гравитационные процессы.

Толща коллювия, образовавшаяся к середине апреля, залегаёт на снежном покрове, и это говорит о том, что весь он появился за короткое время после последних снегопадов. Толща снега не содержит в себе обломков горных пород и залегаёт на льду. Совершенно очевидно, что зимой осыпной склон стабилизируется.

Процесс осыпания в весеннее время усиливает снеготаяние, увеличение влажности грунта, частые переходы температуры с положительных на отрицательные и наоборот. Летом процессы вновь замедляются, однако не прекращаются, как зимой. В осеннее время осыпание активизируется после дождей и в период колебания суточных температур около 0°C. Однако масштабы осыпания осенью меньше, чем весной. По нашим подсчётам, отступление склонов за весенний период составляет около 60-70% годового итога и в среднем равно 18 см.

Ю.В. Ефремов

Кубанский государственный университет

СЕЛЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В БАССЕЙНЕ р. ШАХЕ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)

Река Шахе – вторая по многоводности река Черноморского побережья в пределах Краснодарского края. Она берёт начало на склонах г. Малая Чура (2218 м), протекает по Лазаревскому району г. Сочи, собирает воды с бассейна площадью 562 км² и впадает в Чёрное море у пос. Головинка, проделав путь в 60 км. Река принимает многочисленные притоки, среди которых наиболее крупные Ажу, Бзыч, Бзуху и др. По некоторым из них периодически сходят селевые потоки на дорогу между населёнными пунктами Солох Аул и Бабук Аул.

В связи с реконструкцией этой дороги возникает необходимость учёта селевых процессов и явлений, которые здесь широко развиты. Цель данной работы раскрыть основные условия и факторы, определяющие их формирования и распространения на рассматриваемой территории. По данным Отдела высокогорных исследований СК УГМС в бассейне р. Шахе в пределах рассматриваемой дороги выявлено 7 селеактивных русел, по которым регулярно сходят селевые потоки.

По генезису здесь преобладают дождевые селевые потоки: грязевые сели (около 40%), грязекаменные (60%). Объёмы единовременных выносов твёрдой составляющей колеблются от сотен до нескольких тысяч кубометров. Повторяемость прохождения селевых потоков также колеблется в широком диапазоне – от 1 раза в год до 1 раза в 10 лет.

Селевые русла в большинстве случаев почти всегда совпадают с лавинными лотками. Средняя длина селевых русел составляет 0,5-1,5 км, средняя площадь селевых бассейнов 0,2-10 км². Источником твёрдой составляющей являются рыхлые отложения – продукты физического выветривания, размыва русел малых рек. Это гравитационные, элювиально-делювиальные и аллювиальные образования, пёстрые по составу и мощности. На карбонатно-флишевом субстрате склоновые отложения представлены грубообломочным глинисто-щебнистым материалом мощностью 0,5-5 м; на песчано-глинистом – состав отложений суглинисто-глинистый с небольшим содержанием обломков мощностью 15-20 м и более.

Закономерности формирования и распространения селевых потоков в бассейне р. Шахе:

Морфологические особенности рельефа рассматриваемой территории создают благоприятные условия для возникновения селевых потоков. Здесь селесборами служат водосборы мелких и средних водотоков, временных и постоянных площадью от 1-2 до 100-200 км² и характерным уклоном русла 100-300 ‰.

Доминирующими очагами являются размываемые мощные толщи нижнеюрских и нижнемеловых глинистых сланцев, делювиальные покровы и шлейфы, обычно сложенные суглинками и реже глинами. Сложный генезис селевых процессов и явлений, обусловленный комплексным взаимодействием ряда факторов, создаёт различные механизмы формирования селей. Исходя из используемой разработки В.Ф. Перова, многообразие механизмов зарождения селевых потоков сводится к трём основным типам: эрозионному, прорывному, обвално-оползневому. В бассейне р. Шахе селевые процессы в большей мере подчинены эрозионным процессам.

Гидрологические условия в бассейне оказывают преобладающее влияние на процессы формирования селей. Притоки р. Шахе отличаются большими уклонами и часто имеют вид горных ручьёв, каскадами ниспадающих с гор. Русла этих горных рек каменистые или галечниковые. У многих рек, особенно в верхнем течении, долины имеют денудационные воронки, в которых скапливается рыхлый материал – основной источник твёрдой составляющей селевых потоков. Водность рек увеличивается при таянии снежного покрова и выпадении атмосферных осадков. Все реки имеют паводочный режим, причём паводки наблюдаются в течение всего года, чему способствует обилие осадков и очень мягкая зима.

Атмосферные осадки при благоприятных геоморфологических условиях являются основной причиной схода селевых потоков. В долине р. Шахе в настоящее время существуют две гидрологические станции Солох Ауле и Бабук Ауле, которые дают возможность получить данные по атмосферным осадкам. Анализ имеющихся данных по атмосферным осадкам показывает, что в данном районе годовая сумма осадков составляет в Бабук Ауле 2267 мм, а в Солох Ауле 2456 мм. Годовой ход осадков отличается значительным разнообразием, что объясняется географическим положением территории с наличием различных воздушных масс. Характерной особенностью

стью годового хода осадков является их максимум в холодный период года. Так, в декабре зарегистрировано 305 мм в Солох Ауле и 272 мм в Бабук Ауле. На территории одного бассейна количество осадков может меняться в широком диапазоне. Такие флуктуации обусловлены особенностями орографии и высотой местности.

Для возникновения селевой опасности важно знать интенсивность и продолжительность атмосферных осадков. Известно, что при определённых температурных условиях и неустойчивом состоянии снежного покрова на склонах сход селевых потоков возможен при интенсивности осадков более 30 мм/час, а также при продолжительных осадках. В настоящее время для исследуемого бассейна отсутствуют такие данные, что не даёт возможности предсказать сход лавин и селей. Селевые потоки, как и снежные лавины, представляют значительную угрозу дороге, и поэтому требуется разработать мероприятия по защите дорожного полотна. Проведённые рекогносцировочные исследования в долине р. Шахе по дороге Солох Аул – Бабул Аул в 2011 г. показали значительную лавинную и селевую опасность. Нами было зарегистрировано около десятка селей различного объёма, сошедших на существующую просёлочную дорогу.

По всей вероятности, все зарегистрированные нами селевые потоки сформировались во время интенсивных атмосферных осадков в текущем году. Не исключено, что в дальнейшем при неблагоприятной метеорологической обстановке сход селевых потоков будет продолжаться.

А.С. Завадский

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ОБЩИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВОБОДНОМЕАНДРИРУЮЩИХ РУСЕЛ РЕК ХАНТЫ-МАНСЬСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА*

На обширных территориях Западно-Сибирской равнины, центральную часть которой занимает Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО), формирование рек проходит при абсолютном преобладании свободных условий развития русловых деформаций. Широкие, регулярно затопливаемые в период половодья, поймы способствуют повсеместному распространению свободномеандрирующих русел, на долю которых приходится более 90% от общей протяжённости рек бассейнов Оби и Иртыша – главных водных артерий ХМАО. Свободномеандрирующее русло в пределах ХМАО имеет и сам Иртыш, что, в целом, не характерно для реки такого порядка.

Для выявления общих и региональных закономерностей развития свободномеандрирующих русел (длиной более 300 км) был выполнен комплекс морфометрических измерений и проведён гидролого-морфологичес-

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта президента России по поддержке ведущих научных школ (НШ-79.2012.5).

кий анализ условий их формирования. Всего детально были рассмотрены 28 рек, наиболее крупные из которых – Иртыш, Конда, Мулымья, Бол. Тап, Кума, Вах, Колекъеган, Тромъеган, Аган, Пим, Назым, Казым, Ватинский Еган, Бол. Юган, Мал. Юган, Бол. Салым, Северная Сосьва, Малая Сосьва.

Результаты проведённого анализа позволили получить представление об интенсивности процесса меандрирования в пределах отдельных районов ХМАО, стадийности развития излучин и основных механизмах их спрямления, трансформации преобладающих форм по длине рек и при изменении природных условий. Были выполнены расчёты основных гидрологических и геоморфологических характеристик для относительно однородных по водности участков исследуемых рек (всего рассмотрено 92 участка). Это позволило получить ряд зависимостей, описывающих связи характерных параметров свободных излучин с ведущими факторами (расходами воды, уклонами дна долины и т.д.). Для территории ХМАО были выявлены региональные различия в формировании свободномеандрирующих русел, определяемые особенностями сочетания руслоформирующих факторов. Сопоставление разновременного картографического материала позволило дать оценку направленности и темпам горизонтальных русловых деформаций в различных районах ХМАО и на реках разных порядков.

Проведённые исследования были выполнены в рамках подготовки комплексного атласа ХМАО, который вышел в свет в 2005 г. Полученные результаты позволили существенно расширить информационное наполнение ряда тематических карт, посвящённых морфологии и динамике русел рек ХМАО. В частности, на картах в виде условных знаков, цветовой гаммы и цифровых обозначений были приведены сведения о распространённости процесса меандрирования на реках ХМАО, преобладающих формах свободных излучин, среднemaxимальных скоростях размыва берегов, характерных значениях параметров излучин и степени их развитости в пределах морфологически однородных участков.

В.А. Земцов, Д.А. Вершинин, Н.Г. Инишев

Томский государственный университет

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКОВ КРУПНЫХ РАВНИННЫХ РЕК ДЛЯ РАСЧЁТА И ПРОГНОЗА ПОЛЕЙ СКОРОСТИ, СТОКА НАНОСОВ И РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ*

Исследуемые сложные участки рек Обь и Томь (Западная Сибирь) включают в себя русла с поймами, в пределах которых развиты многочисленные протоки. Часть из них находится в близком к естественному состоянию, для других характерны разные виды техногенных воздействий.

Для имитационного компьютерного моделирования используются моделирующие системы NEC-RAS 4.0 (создание одномерных моделей раз-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 10-05-00625-а).

ветвлённых сетей) и SMS 9.2 (двумерные модели). Задание геометрических параметров русла и поймы осуществляется на основе цифровых моделей рельефа русла и поймы, составленных по данным космического зондирования земной поверхности (SRTM-матрицы) и гидрографических съемок.

Рассматриваются задачи, результаты и основные проблемы моделирования речных участков для расчёта и прогноза полей скорости, стока наносов и русловых деформаций. Результаты работы могут использоваться для проектирования и мониторинга техногенных воздействий и обеспечения экологической безопасности в руслах и поймах рек и для управления их ресурсами в режиме системы поддержки принятия решений.

В.В. Иванов¹, В.Н. Коротаев¹, А.А. Пронин², Н.А. Римский-Корсаков²

1 – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

2 – Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

ГЕОЛОГИЯ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ ПО ДАННЫМ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ*

Геофизические исследования, выполненные сотрудниками Лаборатории гидролокации дна Института океанологии РАН имени П.П. Ширшова и Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ в период 1995-2003 гг. на Нижней Волге и в её дельте, позволили значительно расширить существующие представления о геологии дельты Волги и в распределении донных грунтов. В дельте Волги были изучены рукава Бузан, Волга, Бахтемир, Кривая Болда, Бушма, Волго-Каспийский канал, Белинский и Никитинский банки до выхода на открытое взморье. В результате этих исследований получены непрерывные гидроакустические записи строения подводного рельефа и донных грунтов для наиболее крупных водотоков волжской дельты. Определение мощности русловых отложений проводилось на основе определения положения «отражающего» горизонта, роль которого на Нижней Волге выполняла размытая кровля коренных морских глин, накопленных во время хазарских и хвалынских трансгрессий Каспийского моря.

Для изучения подводного рельефа и аллювиально-дельтовых отложений авторы использовали комплекс гидроакустической аппаратуры, разработанный в Лаборатории гидролокации дна Института океанологии РАН, и глобальную навигационную спутниковую систему GPS для геодезической привязки судовых галсов. Комплекс аппаратуры состоял из гидролокатора бокового обзора ГБО-150-1, акустического профилографа АП-4,5, графического самописца ОКЕАН и цифровой системы сбора-обработки гидролокационной информации РАСТР. Для дешифрирования записей ГБО и АП использовались материалы инженерно-геологических изысканий институтов «Гидропроект» и «Союзморниипроект», а также результаты эхолотирования

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №10-05-00236).

и механического анализа донных проб грунта, отобранных авторами на продольных галсах по фарватеру судового хода при выполнении экспедиционных работ. Обработка гидролокационной информации велась в цифровом виде с использованием программы WINRASTR, разработанной в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Первые достоверные сведения о мощности современного аллювия, заполняющего эрозионные послехвалыньские врезы р. Волги в нижнем течении и магистральных рукавов в её дельте, были получены в результате буровых работ экспедиции Государственного океанографического института под руководством проф. М.В. Кленовой в 1937-1939 гг. По данным 50 буровых скважин наибольшие мощности руслового аллювия до 21 м были обнаружены в пониженной центральной части дельтовой равнины, где концентрировался сток палео-Волги. В западной и восточной повышенных частях дельты региональные системы водотоков Бахтемира, Старой Волги, Кизани и Кигача врезаются в коренные морские верхнехвалыньские отложения от 5 до 11 м. В приморской зоне дельты Волги (за пределами бугровой зоны) и на акватории авандельты неровная поверхность хвалыньских отложений расположена на глубине от 7 м (западная часть) до 18 м в центральной и до 13 м в восточной частях дельты от поверхности дельтовой равнины. Создаётся впечатление, что за исключением центральной пониженной части дельты, где от вершины до морского края дельты сохраняется глубокий и широкий эрозионный врез, заполненный современными и новокаспийскими отложениями, на большей части дельты верхнехвалыньские морские отложения выходят на поверхность дельты в виде бэровских бугров, а дельтовые водотоки слабо в них врезаются. За пределами бугровой зоны поверхность верхнехвалыньских отложений резко понижается и повсеместно перекрыта голоценовыми аллювиальными и аллювиально-морскими осадками.

По данным гидроакустического картирования и сейсмоакустического профилирования мощность русловых отложений колеблется от 0,5 м в местах пересечения водотоком бэровского бугра до 5-12 м в глубоких плёсах и на перекатных участках. На большей части Бахтемирского направления (Астрахань-Бахтемир-Волго-Каспийский канал) наблюдается большая изменчивость положения размытой кровли верхнехвалыньских глин. Ниже морского края наземной дельты прослеживается тенденция к подъёму поверхности кровли глин и уменьшению слоя русловых наносов до 1-2 м. На открытом взморье авандельты мощность слоя современных наносов постепенно увеличивается до 2-4 м.

Вдоль коренных размываемых берегов на дне, как правило, вскрываются морские глины или пойменные суглинки с очень характерным полосчатым микрорельефом из продольных бороздин и валиков. Выходы глин представляют собой приподнятые участки дна (на 2-4 м), являющиеся местными препятствиями для движущихся песчаных гряд. Граница «песок-глина» всегда очень резкая, без переходов, за исключением участков активного нарастания побочней, где глинистую поверхность дна перекрывают подводные косы. На участках дна, где глины или суглинки прикрыты тон-

ким (менее 1 м) слоем русловых наносов, из мелкозернистого песка формируются мелкие рифели или рябь, через которую «просвечивает» структура коренного рельефа.

Н.Н. Иванова¹, В.Р. Беляев¹, М.В. Маркелов¹, В.Н. Голосов¹, Е.Н. Шамшурина¹, О. Эввар²

1 – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

2 – Лаборатория наук о климате и окружающей среде Национального центра научных исследований Франции

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КОМПЛЕКСОМ МЕТОДОВ БАЛАНСА НАНОСОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПЛАВЫ*

Антропогенное воздействие оказывает существенное влияние на эрозионно-аккумулятивные процессы в речных системах и может приводить к значительным изменениям как в перераспределении наносов в пределах водосборов, так и в выносе материала в нижние звенья гидрографической сети. Совместно с почвенно-грунтовыми частицами в ландшафте перемещаются многие загрязняющие вещества (радионуклиды, тяжёлые металлы и др.). Использование балансового подхода позволяет не только лучше понимать пространственно-временные закономерности проявления эрозии и аккумуляции, но и прогнозировать поведение связанных с почвенно-грунтовыми частицами загрязнителей в каскадных системах.

Радиоактивный изотоп ^{137}Cs давно используется как маркер процессов перемещения материала и, в силу специфики его миграции в ландшафте, может быть эффективно использован для моделирования поведения в окружающей среде других загрязняющих веществ с аналогичным механизмом фиксации. Для оценки перераспределения наносов в речном бассейне за последние 25 лет были проведены исследования значительно загрязнённого черныбыльскими выпадениями водосбора р. Плавы площадью около 1856 км² (Тульская область) с использованием комплекса полевых и расчётных методов (почвенно-морфологического, радиоактивных трассеров, моделей LANDSOIL и адаптированной USLE/ГГИ).

Детальные исследования перераспределения почвы на пахотных склонах, поступления наносов в днища долин разных порядков проводились на 3 ключевых водосборах различной площади и конфигурации. Мощность аккумуляции на пойме р. Плавы в постчерныбыльский период оценивалась по заглублению пика ^{137}Cs на 5 ключевых площадках. Геоморфологическая съёмка характерных участков долины с определением площади, занимаемой каждым уровнем поймы, позволила определить объём осадконакопления по всей длине долины.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты РФФИ-НЦНИ 09-05-91057, РФФИ 10-05-00357), программы Президента РФ для поддержки молодых учёных – кандидатов наук (проекты МК-8023.2010.5) и программы Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-79.2012.5).

Использование комплекса взаимодополняющих методов дало возможность количественно оценить составляющие баланса наносов для бассейна р. Плавы. Средние темпы смыва с распаханых склонов составляют около 6,4 т/га в год, с учётом внутрисклоновой аккумуляции (как в пределах пашни, так и в буферных зонах) в днища эрозионной сети поступает в среднем 78% от всего объёма смыва. Эти величины хорошо согласуются с данными, полученными в предыдущих исследованиях в бассейне р. Плавы. Скорость накопления отложений в днищах сухих долин 1-4 порядка изменяется от 6-8 до 2-3 мм/год. Определение площади днищ на основе морфологических закономерностей, выявленных на ключевых водосборах, дало возможность определить суммарный объём аккумуляции, составляющий 60% от объёма смыва со склонов. Темпы аккумуляции в днище долины р. Плавы составляют 6-14, 2-9 и 1-5 мм/год для низкой, средней и высокой поймы соответственно. Всего за период 1986-2009 гг. на пойме р. Плавы накопилось 30000 т наносов или около 0,2% от общего объёма смыва со склонов.

Отсутствие данных о темпах аккумуляции в прудах и днищах долин 5-6 порядков пока не позволяет определить объём наносов, поступающих в основную долину. Но существует эмпирическая зависимость коэффициента доставки наносов для малых рек бассейна Волги с водосбором менее 200 км²: $SDR=0,25 \cdot F^{0,2}$. Используя её для бассейна р. Плавы получаем, что в основную долину попадает 1,1% от общего объёма смыва в бассейне. В таком случае на пойме отлагается около 20% поступившего материала, остальные наносы транспортируются за пределы бассейна в р. Упу. Вынос через устьевой створ не превышает 0,15% от всего объёма бассейновой эрозии, но вследствие высокой степени радиоактивного загрязнения бассейна р. Плавы поступление радиоцезия в р. Упу можно предварительно оценить в 20 ГБк за 25 лет (или 0,8 ГБк/год).

Сравнение концентраций ¹³⁷Cs в отложениях низкой поймы р. Упы выше и ниже впадения р. Плавы показало увеличение плотности загрязнения более, чем в 8 раз, что подтверждает вынос радиоцезия за пределы зоны первоначального загрязнения.

А.Г. Илларионов

Удмуртский государственный университет

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫХ РАВНИН ПРЕДУРАЛЬЯ И ЗАУРАЛЬЯ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК КАМА И ТОБОЛ)

1. Русло реки является наиболее восприимчивым звеном флювиальной системы, чутко и заметно откликающимся на изменение факторов внешней среды – будь то режим тектонических движений, климатически-ландшафтные условия или свойства эродируемого субстрата. Эрозионно-аккумулятивные процессы в руслах рек, в период относительно стабильного состояния этих факторов, приспосабливаются к их параметрам и находятся

в определённом динамическом равновесии. Это равновесие, как правило, нарушается вследствие приобретения параметрами одного из факторов внешней среды определённой «избыточности», проявляемой в разной форме. Как основной фактор, выводящий флювиальную систему из равновесия, обычно рассматривался режим тектонических движений. Применительно к динамике русел считалось, что фазы их развития от инстративной (глубинной) эрозии через перстративную к констративной фазе, следовали за сменой режимов тектонических движений соответственно от восходящего к стабильному и затем к нисходящему. Смена режимов тектонических движений и фаз русловых процессов могла идти и в иной последовательности, но именно она является, как полагали, определяющей природу последних. С накоплением фактического материала и развитием теоретических основ климатической геоморфологии стало очевидным, что «основные направления развития рельефа могут измениться не только вследствие изменения скорости и направленности движений земной коры, но и вследствие смен климата. Чередование фаз восходящего и нисходящего развития рельефа может иметь не только тектоническую, но и климатическую обусловленность». 2. Изменение динамики русловых процессов, сопряжённо связанных во времени со сменой режима тектонических движений или климатических условий, имело, как правило, общее тектонико-климатическое содержание, обусловленное совместным проявлением этих факторов во времени и пространстве. Однако приобретение параметрами одного из факторов черт «избыточности» существенно меняло характер русловых процессов, придавая их содержанию преимущественно тектонически или, наоборот, климатически обусловленный характер. Явно климатически обусловленной была динамика русловых процессов в бассейнах Камы и Тобола в среднем плейстоцене, в эпоху максимального оледенения северо-востока Русской равнины и севера Западной Сибири. Это время, соответствующее эпохе днепровского (самаровского) оледенения и предшествовавшей ей эпохе межледниковья – лихвинского (тобольского). 3. Эрозионный врез, предшествовавший аккумуляции лихвинского (тобольского) аллювия, не достиг амплитуды предыдущего вреза. Позднеоплейстоценовые долины, сформированные этим врезом, были полностью заполнены венедским аллювием в долине Камы и талгайским – в долине Тобола. Очевидно, незначительная амплитуда восходящих движений в начале неоплейстоцена и существенная их стабилизация в эпоху лихвинского (тобольского) межледниковья. В межледниковье, с восстановлением растительного покрова, процессы эрозии, транспортировки и аккумуляции твердого стока в руслах рек достигли динамического равновесия и перстративной фазы развития, сопровождаемой размывом и перетранспортировкой толщ ранее накопленного аллювия. Эта фаза формирования широких днищ или пойменной террасы речных долин. Поверхность последней, трансформировавшейся в последующем в надпойменную террасу, в долинах обеих рек является по счету IV надпойменной. В долине Камы она сложена лихвинским аллювием и её ширина в пределах Камско-Бельского Полесья, по данным Г.И. Горецкого, достигает 15-20 км. Такая

же по счёту терраса, сложенная тобольским аллювием, на широтном отрезке долины Оби, ниже устья р. Вах, по литературным источникам (работы А.А. Земцова, С.Б. Шацкого и др.) имеет ширину почти 100 км. 4. Перстративный аллювий отличается специфическими особенностями состава и строения. Он чётко дифференцирован на русловую, пойменную и старичную фации; имеет «нормальную» мощность, соответствующую объёму стока, определяемого конкретной климатически-ландшафтной обстановкой. Пойма, сложенная перстративным аллювием, представляет собой совокупность разновозрастных, причлещённых друг к другу сегментов, сформированных в процессе меандрирования русла. Вследствие этого, коррелятивная пойме единая толща аллювиальных осадков имеет скользящий возраст, часто меняющийся в горизонтальном направлении. Данные абсолютного возраста аллювия современных пойм подтверждают эту закономерность. Трудно переоценить методическую значимость этой работы для правильной интерпретации с позиций актуализма, возраста и палеогеографической обстановки накопления древних аллювиальных толщ. Время формирования широких днищ лихвинских (тобольских) долин, сложенных пойменным аллювием, превышало 100 тыс. лет. Изобилующие в научной литературе возрастные неувязки и противоречивые трактовки палеогеографической обстановки эпох накопления одной и той же аллювиальной толщи по материалам палеофлористики и палеонтологии, имеют в корне, объективную основу. Они связаны именно с разновозрастностью сегментов поймы, формирующих её поверхность, единую, коррелятивную ей, толщу аллювиальных отложений. Флуктуация климатически-ландшафтной обстановки на протяжении долгого времени её формирования отражалась, естественно, в структуре и составе древней биоты в зависимости от времени формирования конкретных сегментов поймы. 5. Существенно иным становилось содержание русловых процессов в эпоху оледенений. Оно определялось, прежде всего, криосферой, породившей черты «избыточности» геологического субстрата, скованного многолетней мерзлотой. С ней же связан особый, специфический тип *криогенного литогенеза*, отличный от гумидного, межледникового. Следы его проявления, помимо областей распространения плейстоценовых ледниковых щитов, широко представлены за их пределами, во внеледниковой, так называемой перигляциальной, зоне. Именно на этой территории располагалась большая часть площадей бассейнов обеих рассматриваемых рек. Специфика криогенного литогенеза во внеледниковой зоне начиналась от стадии образования продуктов морозного выветривания – *криоэлювия*, его транспортировки и до формирования пространственно сопряжённой, парагенетически связанной толщи отложений, объединённых Г.И. Горецким в *перигляциальную формацию*. Для перестройки русловых процессов важное значение имела смена биома, функционировавшего в межледниковье в гумидной климатически-ландшафтной обстановке умеренных широт, на разреженный травянистый покров холодных степей. Сезонно активный слой рыхлых отложений, лежащий на мерзлоте, обуславливал высокую подвижность покровного комплекса, особенно на склонах за счёт активного прояв-

ления солифлюкционных и делювиальных процессов. Материал склонового смыва, в большом объеме поставляемый в русла рек, нарушал баланс между жидким и твердым стоком со знаком «избыточности» в пользу последнего. Начиналось интенсивное накопление транспортируемого материала в русле рек и на поверхности поймы. Перстративная фаза русловых процессов, свойственная эпохе межледниковья, постепенно замещалась констративной. 6. Отличительной особенностью констративной фазы был подъем русла, вместе с интенсивно накапливаемым перигляциальным аллювием, на более высокие абсолютные отметки. Это явление стало причиной выхода русла реки на поверхность низких междуречий, сопровождаемого одновременно распадом единого водного потока на многочисленные рукава и формированием специфического гривисто-ложбинного рельефа. Перестройка русловых процессов с перстративной фазы на констративную проявилась в реках обоих бассейнов, но наиболее яркий морфологический след она оставила в бассейне р. Тобола. Морфологические следы проявления деятельности многорукавных русел на поверхности Кустанайской равнины в эпоху рисского (самаровского) оледенения охарактеризованы ещё в 30-40 годы прошлого века Г.Е. Быковым и В.В. Лавровым. Классическое описание этого явления на Ишимской равнине дано в работе одного из лучших знатоков генетических типов четвертичных отложений Е.В. Шанцера. Перигляциальный аллювий, накопившийся после смены перстративной фазы русловых процессов на констративную, перекрывает, таким образом, не только толщу нормального, фациально расчленённого межледникового аллювия в речных долинах, но и обширные площади низких междуречий, сохраняя при этом все характерные для него литолого-фациальные признаки. 7. Смена фаз русловых процессов, обусловленная изменением климатически-ландшафтных условий, придаёт весьма специфические особенности процессам осадконакопления и рельефообразования не только в речных долинах, но и на территории сопряжённых с ними низких междуречий. Учёт этих особенностей имеет принципиально важное значение при обосновании локальных и региональных схем геохронологической шкалы четвертичных отложений и установлении последовательности палеогеографических событий в прошлые эпохи плейстоцена.

В.Н. Ильин, И.В. Никонорова

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова

РЕСТАВРАЦИЯ ФИТОМЕЛИОРАТИВНЫХ ЛЕСОПОЛОС В АГРОЛАНДШАФТАХ ЧУВАШИИ

В условиях Чувашской Республики (ЧР), характеризующейся высокой долей сельскохозяйственных земель (55,26% от общей площади), наблюдается полная или частичная деградация существующих природных и природно-антропогенных ландшафтов. Прогрессирующее увеличение антропогенной нагрузки и снижение инвестиций в сельское хозяйство приво-

дит к ухудшению показателей продуктивности агроландшафтов и к их комплексной деградации: уменьшение плодородия и смыв верхнего плодородного слоя почв. Чрезмерная антропогенная нагрузка приводит к развитию овражно-балочной сети, а создание монокультур препятствует сохранению биоразнообразия и приводит к дальнейшему ослаблению естественной устойчивости ландшафтов. Известно, что сохранение природных участков, оптимальное соотношение пашни, лесов, кормовых и других угодий способствуют повышению стабильности и продуктивности агроландшафтов, препятствуют развитию нежелательных процессов. Для сохранения естественных геосистем оптимальным является планирование экологического каркаса территории (ЭКТ). Экологический каркас территории представляет собой участки естественных природно-территориальных комплексов (ядер каркаса), соединённых друг с другом специально созданными экологическими коридорами. Экологические коридоры – линейно вытянутые природные и природно-антропогенные комплексы. Выбор ядер каркаса в Чуваши весьма ограничен: это сеть особо охраняемых природных территорий, большая часть лесных насаждений республики. Создание экологических коридоров сталкивается с проблемой выбора подходящих территорий. Чаше всего экологические коридоры расположены на сельскохозяйственных угодьях, изъятие и перевод которых в более щадящую категорию землепользования весьма затруднен. Для решения конфликта интересов специалистов агропромышленного комплекса и экологов рекомендуется реконструкция фитомелиоративных лесополос. Создание и обновление сети лесополос способствует как увеличению продуктивности сельскохозяйственных культур, так и оптимизации экологической обстановки.

Опыт показывает, что в лесостепных хозяйствах Чувашии, имеющих достаточную полезную лесистость, на 29-43% выше валовое производство продукции растениеводства, в том числе зёрна – на 26-42%, по сравнению со слабооблесёнными хозяйствами (в расчёте на равную площадь). В свою очередь, научно разработанное проектирование и создание полезных лесополос позволит не только сохранить плодородие почв, но и препятствовать эрозии, высока будет их ландшафтосохраняющая роль: по лесополосам возможно осуществление миграций веществ, информации и энергии между сохранившимися природными ландшафтами. К сожалению, спад производства в целом и распространение в сельском хозяйстве мелких предприятий привели к тому, что централизованная политика по реставрации существующих фитомелиоративных полос не проводится. Это приводит к деградации существующей их сети и дальнейшему увеличению смыва, развитию эрозионных процессов. Совсем недавно были обнаружены другие, не менее важные функции лесополос – их использование в качестве миграционных коридоров для редких видов животных и растений. Поэтому создание современной и научно-обоснованной сети фитомелиоративных полос должно стать общей задачей как отраслевых структур Министерства сельского хозяйства, так и подведомственных организаций Министерства природных ресурсов и экологии ЧР.

Создание противозрозионных лесополос особенно важно для северной части Чувашской Республики, которая отличается высокими показателями эрозионного смыва (10-20 т/га в год), густой овражно-балочной сетью, высокими показателями общей антропогенной нагрузки. Разбросанность в северных административных районах ЧР уникальных, но уязвимых дубовых насаждений требует создания здесь залесённых экологических коридоров. Для сохранения природных геосистем северной части региона рекомендуется создание фитомелиоративных полос в качестве экологических коридоров. Всего было выделено 5 объектов, линейно-вытянутых с северо-запада на юго-восток – перпендикулярно преобладающим направлениям ветров: Канаш-Комсомольский лесостепной коридор, Цивильский коридор, Центральный реставрационный коридор, Анишский экологический коридор, Унга-Цивильский природно-антропогенный коридор. Выделенные элементы расположены в основном на склоновом типе местности, что идеально подходит для предотвращения плоскостного смыва и соединения друг с другом участков плакорных дубрав республики, отличающихся максимальным разнообразием в пределах региона. Планируемые фитомелиоративные полосы будут иметь весьма важную роль в сохранении биоразнообразия, соединяя 5 из 7 существующих ядер экологического каркаса Чувашской Республики.

Таким образом, разумно спроектированная сеть лесополос и других линейно вытянутых объектов с щадящим режимом землепользования позволит: увеличить урожайность основных сельскохозяйственных культур до 40% без дополнительных вложений; остановить или замедлить процесс эрозионного смыва, образования овражно-балочной сети и дефляции почв; сохранить биоразнообразие путем соединения создаваемыми лесополосами более значительных по площади центров биоразнообразия.

А.К. Ильясов, О.М. Кирик

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

УКЛОНЫ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАЗВЕТВЛЁННОМ РУСЛЕ СРЕДНЕЙ ЛЕНЫ*

Средняя Лена характеризуется широкопойменным сложноразветвлённым руслом, подверженным активным переформированиям. Берега неустойчивые, на некоторых участках скорости размыва могут достигать более 10 м/год. Сложные разветвления местами формируют параллельно-рукавное русло (в районе перекатов Рассолода, в пределах города Якутска). В остальном цепь разветвлений представляет сопряжённые участки русла, где глубоководные рукава, по которым осуществляется судоходство, сосед-

* Работа выполнена по программе Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-79.2012.5).

ствуют с мелководными. Ретроспективный анализ показывает, что глубокие судоходные рукава меняют свое положение в пределах русла, и те из них, которые раньше были судоходными, в настоящее время являются мелководными, и наоборот.

Определить уклоны водной поверхности из-за сложных разветвлений и широкого русла при низкой планово-высотной обеспеченности реки до настоящего времени было сложно или практически невозможно. Это связано с трудностями выполнения традиционного геометрического нивелирования, которое необходимо для определения абсолютных или относительных высот вдоль реки. В настоящее время спутниковые технологии, где не требуется прямой видимости между станциями, позволяют определять относительные высоты независимо от сложности (конфигурации, ширины) русла в пределах требуемой точности.

На протяжении многих лет на отдельных участках реки Лены экспедицией МГУ выполнялись комплексные русловые исследования. Благодаря развитию спутникового позиционирования, в последние 10 лет для определения абсолютных высот стали применяться высокоточные технологии. В разные годы на отдельных участках разветвлённого русла средней Лены с помощью них были определены продольные и поперечные уклоны водной поверхности. Работы выполнялись в навигационный судоходный период при разных гидрологических режимах.

Результаты измерений показывают, что уклоны вдоль динамической оси потока в судоходных рукавах разветвлений ведут, как и в простом неразветвлённом русле. Между крайними точками узла разветвления изменение уклонов происходит относительно равномерно по сравнению с соседним мелководным рукавом. На перекатах наблюдается местное повышение уклона водной поверхности. В то же время в протяжённых второстепенных рукавах (в Хаптагайской, Хайтыалахской протоках) наблюдается своеобразная ступенчатость продольного профиля. В верхней части рукавов уклон достаточно крутой. В средней части отметка водной поверхности достигает почти такие же значения, что и в конце рукава. Таким образом, при одинаковой протяжённости судоходного и второстепенного рукавов падение водной поверхности в последнем происходит быстрее и замедляется в нижней части.

На параллельно-рукавных участках поведение уклона в соседних рукавах зависит от рельефа их дна, который определяет положение плёсов и перекатов. Например, в соседних Адамовской и Буорыларской протоках в районе г. Якутска при различных условиях рельефа формируется разная картина распределения уклонов. В Адамовской протоке перекатный участок расположен в верхней части, и в ней же растут местные уклоны. В нижней глубоководной части рукава уклон минимальный. В Буорыларской протоке, где глубоководный участок находится в начале рукава, а перекатный внизу, наблюдается обратная картина.

Наиболее сложная ситуация с уклонами наблюдается на участке средней Лены в районе устья Алдана. Помимо продольных уклонов здесь наблюдается дифференциация поперечного уклона водной поверхности в

створе устья, который зависит от фаз водного режима на сливающихся реках Лене и Алдане. В абсолютных отметках в створе стрелки наблюдались перепады около 0,5 м. При высоких уровнях на Алдане и низких на Лене правобережный судоходный рукав – Арбынская протока была на 0,5 м выше, чем левобережный – протока Турий Взвоз. При обратной ситуации уровень в протоке Турий Взвоз на 0,5 м выше, чем в Арбынской. Эта картина сильно влияет на морфодинамику русла на этом участке.

И.И. Кирвель¹, М.С. Кукшинов²

1 – Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2 – Научно-практический центр Минского городского управления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЗВЕШЕННЫХ И ДОННЫХ НАНОСОВ ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ РЕК В ВЕРХНЕМ И НИЖНЕМ БЬЕФЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

Регулирование стока рек искусственными водоёмами неизбежно ведёт к изменениям в водном режиме и стоке наносов зарегулированных рек, и, как следствие, к изменению хода русловых деформаций. От характера и интенсивности русловых деформаций, которые в значительной степени определяются гранулометрическим составом транспортируемых наносов, зависит работа различных гидротехнических сооружений. В связи с этим, изучение данного вопроса представляет собой не только научный, но и практический интерес.

Сетевые русловые наблюдения проводились в нижнем и верхнем бьефе следующих водохранилищ Беларуси: Рачунское (объём 2,29 млн. м³, площадь зеркала – 1,5 км²), Солигорское (объём 55,9 млн. м³, площадь зеркала 23,1 км²) и Вилейское (объём 238 млн. м³, площадь 63,8 км²). Проведённые исследования показали, что в результате подпора, вызванного водохранилищем, весь сток влекомых наносов р. Вилии и большая часть взвешенных наносов выпадает из потока, а в нижний бьеф поступают лишь наиболее мелкие фракции (табл. 1).

Таблица 1. Гранулометрический состав взвешенных наносов

Водохранилище (дата)	Место отбора	Содержание частиц (% по массе) с диаметром, мм							
		1–0,5	0,5–0,2	0,2–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
Вилейское 15.04.2005 г.	Выше вдхр.	2,6	7,9	17,6	19,6	23,1	11,1	11,1	7,0
	Ниже вдхр. (0,35 км)	–	0,2	9,1	22,8	24,0	15,2	16,8	11,9
Вилейское 16.08.2007 г.	Выше вдхр.	0,2	4,8	8,1	20,6	21,4	18,6	16,2	10,1
	Ниже (0,35 км)	–	0,5	3,3	20,0	24,5	21,2	19,0	11,5
Вилейское 20.10.2005 г.	Выше вдхр.	0,4	4,6	5,1	16,9	22,2	24,4	16,0	10,4
	Ниже (0,35 км)	–	0,4	3,5	19,9	22,1	22,4	17,9	13,8

Согласно ориентировочным подсчетам, в Вилейское водохранилище за 35-ти летний период его эксплуатации с речным стоком поступило около 130 тыс.м³ наносов, т.е. объём водохранилища уменьшился на 5,5%. Восстановление мутности потока до значений близких к естественному режиму отмечается на расстоянии от 20 км ниже плотины Рачунского водохранилища до 50 км ниже плотины Вилейского водохранилища.

Аккумуляция в водохранилищах большей части твердого стока рек, а также увеличение скоростей течения, приводят к закономерным деформациям русел рек в их нижнем бьефе. Интегральным показателем интенсивности русловых деформаций является общая устойчивость русла, которая определяется соотношением гранулометрического состава наносов и скорости течения. Представленные в таблице 2 данные свидетельствуют, что состав донных отложений ниже плотины приходит в соответствие с их весом.

Таблица 2. Гранулометрический состав донных наносов

Водохранилище, река	Место взятия пробы	Гранулометрический состав, % (размер фракций, мм)						
		>10	10,0-5,0	5,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	<0,1
Вилейское, р. Вилия	Выше вдхр.	-	0,3	7,8	13,2	52,1	18,0	8,6
	Ниже вдхр. 0,35 км	0,8	3,6	10,0	61,9	15,8	4,5	3,4
	Ниже вдхр. 10 км	-	0,1	4,0	20,2	48,4	15,8	11,5
Солигорское, Р.Случь	Выше вдхр.	-	-	2,6	12,0	53,0	21,7	10,7
	Ниже вдхр. 0,35 км	-	1,4	11,0	31,2	36,3	9,4	10,7
Рачунское, р.Ошмянка	Выше вдхр.	0,1	2,3	12,7	13,5	56,6	12,0	2,8
	Ниже вдхр. 0,35 км	23,6	11,2	24,9	25,3	12,2	1,3	1,5

Постепенно мелкие фракции вымываются и уносятся потоком во взвешенном состоянии, что ведет к их укрупнению.

При наличии грунтов повышенной неоднородности с включением гравийно-галечного материала, как в нижнем бьефе Рачунского водохранилища, происходит образование самоотмоктки, что препятствует развитию направленной глубинной эрозии за пределами воронки размыва. Значение наносов средней крупности ($d_{50\%}$) увеличивается от 0,51 мм выше этого водохранилища до 1,0 мм в его нижнем бьефе. Диаметр крупных частиц $d_{90\%}$ выше водохранилища равен 1,5 мм, в то время как ниже плотины превышает 10,0 мм.

Для нижнего бьефа Вилейского водохранилища, сложенного песчаными грунтами, формирование отмостки не характерно, поскольку весь диапазон крупности этих отложений имеет практически одинаковую размывающуюся скорость.

Диаметр частиц донных наносов мелкой фракции средней крупности ($d_{50\%}$) вблизи плотины Вилейского водохранилища равен 0,62 мм, а на

расстоянии 50 км – 0,45 мм. Вследствие этого равновесное состояние песчаных русел достигается за счёт уменьшения уклона свободной поверхности до предельно устойчивого и изменения формы поперечного сечения русла.

З.П. Кирюхина, Л.Ф. Литвин, Н.Г. Добровольская

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ПРОГНОЗ ЭРОЗИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ФОСФОРОМ РЕЧНЫХ ВОД БАСЕЙНА ДОНА

В пореформенный период произошли существенные изменения интенсивности земледельческой эрозии почв и транспорта склоновыми потоками почвенного субстрата вместе с растворимыми и трудно растворимыми химическими веществами. Только совокупный эффект сокращения пахотного клина, перевода пашни в «перелог» и изменения почвозащитной способности агроценозов привёл к снижению массы эродируемого субстрата в России на 40-45%, в бассейне Дона – на 28%. Всё это должно было сказаться на поступлении в реки биогенов, и в частности фосфора.

Основанием прогноза поступления фосфора в реки служили: а) количественные оценки эрозии на две даты (1980 и 2006 гг.) в пределах водосборов малых рек бассейна Дона; б) оценка редукции стока взвешенных наносов в системе склон-река на основе расчётов коэффициентов «выноса наносов» ($K_{\text{вн}}$); в) оценка концентрации общего фосфора ($P_{\text{общ}}$) в стоке эрозионно-склоновых систем, вычисляемая по формуле: $УК_p = 10 * A * S * P / H$; где $УК_p$ – условная концентрация валового фосфора, мг/л; A – интенсивность смыва на пашне, т/га; S – доля пашни на водосборе, %; P – содержание валового фосфора в пахотном слое, %; H – среднемноголетний слой поверхностного речного стока воды (мм).

Условная концентрация общего фосфора в речных водах исчислялась как произведение $УК_p$ на ($K_{\text{вн}}$). Значения ($K_{\text{вн}}$) высчитаны для каждого из гидрологических постов как соотношение бассейновой и русловой составляющих стока наносов. Данные о стоке взвешенных речных наносов взяты из справочников «Ресурсы поверхностных вод», расчёты интенсивности земледельческой эрозии выполнены по модели МГУ и факторным картам. Принимались также следующие допущения: а) положение о прямой пропорциональности смыва со склонов фосфора ($P_{\text{общ}}$) и минерального субстрата почв; б) редукция стока наносов и стока $P_{\text{общ}}$ в пределах нижних звеньев эрозионно-руслowych систем в целом одинакова по направлению. $УК_p$ была рассчитана для 45-ти водосборов гидрологических постов на малых и средних реках бассейна Дона.

Территория бассейна Дона охватывает лесостепную и степную зоны, почвы которых значительно различаются по доли содержания $P_{\text{общ}}$: в серых лесных почвах – 0,1-0,2%, в чернозёмах – 0,17-0,35%, в чернозёмах южных – 0,14-0,19%. Потенциальное загрязнение веществами прочно свя-

занными с минеральным субстратом почвы прямо коррелирует с интенсивностью бассейновой составляющей общего стока речных наносов, выраженной как модуль стока склоновых наносов ($M_{\text{эп}}$) и коэффициентом выноса наносов ($K_{\text{вн}}$). Вариабельность этих величин определяет и вариабельность условной концентрации стока P . Для бассейнов рек лесостепной зоны амплитуда значений $УКР_p$ (2006 г.) составляет от 0,06 до 0,3 мг/л, в степной зоне – от 0,06 до 0,56 мг/л. Соотношения среднезональных $УКР_p$ хорошо соответствуют соотношениям концентрации $P_{\text{общ}}$ в зональных почвах. Временные изменения $УКР_p$ также несколько различаются по зонам – среднезональное снижение $УКР_p$ за пореформенный период в лесной зоне составляет 40-43%, в степной – 23-25%. Потенциальная опасность загрязнения фосфором из рассеянных источников в степной зоне снизилась на два раза меньше, чем в лесостепной, что в целом несколько выше снижения за этот же период объёмов смыва со склонов ЕТР – 36 и 19% соответственно.

Территориальная дифференциация $УКР_p$ характеризует географическое распределение потенциальной опасности загрязнения фосфором. Предложенную методику можно использовать и для оценки потенциального загрязнения поверхностных вод другими веществами прочно сорбируемыми почвой. Достаточно сложен вопрос о соответствии значений $УКР_p$ и фактической концентрации $P_{\text{общ}}$ в речных водах, поскольку прямые определения единичны. Концентрация $P_{\text{общ}}$ во взвешенных наносах Дона – 0,06-0,1%, что с учётом мутности даёт амплитуду значения концентрации для разных постов в 0,06-0,25 мг Р/л.

Содержание химических элементов в водах ЭРС не постоянно. В эрозионно-русловых системах изменения концентрации P возможны при гидромеханической и химической селекции, поскольку адсорбция химических элементов связана с гранулометрическим составом.

Селекция наносов в пределах собственно эрозионно-склоновых систем – дискуссионный вопрос. В периоды максимально интенсивного талого смыва, когда выносятся до 80% наносов, их гранулометрический состав практически не отличается от состава почвы пахотного горизонта. Микроручейковая эрозия преобладает и при ливневом стоке, но в этих случаях возможна предпочтительная мобилизация тонких частиц, осуществляемая капельной эрозией.

Основная механическая селекция наносов происходит в процессе дальнейшей транспортировки. Так, в илах речной взвеси содержится в 2-4 раза больше фосфора, чем в более крупных фракциях, а содержание фосфора в верхних горизонтах пойменных почв центра ЕТР весьма высоко, существенно выше, чем в окружающих зональных почвах. Вероятно, это обусловлено отложением на поймах тонкого обогащённого фосфором наилка, что снижает концентрацию P в водах реки. В том же направлении оказывает влияние и поступление более грубых наносов при русловых размывах самой поймы и речных террас – долю таких наносов для конкретной реки оценить затруднительно, но появляется всё больше данных наблюдений, свидетельствующих о повсеместной высокой интенсивности береговых размывов.

ВОДОСБОРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ И ЕЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Для оценки экологического качества территории используются специальные нормативы. По своему назначению они должны указывать на допустимые границы изменения параметров состояния экосистем. При экосистемном нормировании для управления качеством природной среды принято выделять несколько размерных уровней оцениваемых территорий: элементарный (ландшафтный); локальный (сопоставимый с размерами зоны техногенного воздействия); региональный (муниципальный, районный, областной и т.д.); глобальный. Показатели норм состояния и механизм управления качеством природной среды каждого территориального уровня имеют существенные различия.

Природоохранные мероприятия при планировании техногенной деятельности обычно увязываются с локальным размерным уровнем. Техногенные воздействия могут приводить к изменению структуры территории (соотношений между естественными ландшафтами, сельскохозяйственными угодьями, транспортно-промышленными зонами, селитьбой, рекреациями, белигеративными землями). Кроме того, в экосистемах изменяется вещественно-энергетический баланс биогеохимических циклов, изымаются природные ресурсы и привносятся новые вещества, что приводит к биоценотическим перестройкам.

Одним из сложнейших вопросов при оценке состояния экосистем является установление нормы состояния экосистемы, «нуля отсчета». При его решении можно учитывать, что локальные территориальные уровни четко сопоставляются с водосборными бассейнами различных размеров (порядков). Часто отдельный водосборный бассейн рассматривается как экологическая система. Для водосборных бассейнов рек достаточно хорошо изучены их территориальная структура, иерархическая соподчиненность и установлен комплекс гидролого-морфометрических параметров, теснейшим образом связанный с размерами (порядками) водосборов, а также зависящий от зонально-климатических условий.

В границах одного региона при сходстве зонально-климатических условий региональные различия водосборов (экосистем) одного размера предопределены геолого-геоморфологическими факторами, которые можно учесть, выполнив специальное районирование территории. При этом не исключается, что для отдельных водосборов гидролого-морфометрические параметры могут иметь аномальные значения, объяснение которых является предметом геоморфологии.

Фоновые величины гидролого-морфометрических показателей для бассейнов одинакового порядка, выявленные путём статистической обработки информации, (статистическая норма) принимается и за геоэкологиче-

скую норму. Могут быть установлены геоморфологические и гидрологические нормы для каждой группы водосборных бассейнов конкретного региона, при необходимости они уточняются путем специального районирования.

В каждом водосборном бассейне имеет место геоморфологическая триада: вершинная поверхность – склон – долина. В соответствии с ней построен чехол рыхлых отложений, проявляются микроклиматические особенности территории, формируется почвенно-геохимическая catena. Учение об экологических местоположениях также базируется на учете этих природных явлений. В условиях выборочного освоения территории, что имеет место на таежных равнинах Европейского Севера России, каждому типу местоположений можно поставить в соответствие характерное сочетание определенных видов хозяйственной деятельности, следовательно, и особенности техногенного воздействия.

Таким образом, выделение водосборных бассейнов определенного размера (порядка), установление для каждого размера геоморфологических и гидрологических параметров, целенаправленное обобщение материалов о природных условиях, функционировании и развитии бассейновых геосистем позволяет обосновать нормы их экологически приемлемого состояния.

С.Н. Ковалев

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОСНОВАНИЯ ГОРОДОВ РОССИИ НА ЗАОВРАЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ*

Расположение населённых пунктов на территории России подчиняется основным правилам, соответствующим требованиям жизнеобеспечения жизнедеятельности человека и функционирования городской инфраструктуры. Это недоступность, обеспечивающая безопасность от нападения врагов, транспортные пути (морские, речные, сухопутные), наличие ресурсов, необходимых для существования людей. Эти требования учитывались в древности и остаются правомочными в той или иной мере в настоящее время.

Практические соображения определяли выбор участков, ограниченных с 2-3 сторон глубокими естественными понижениями – узкими долинами небольших рек, балками и оврагами. Первые поселения располагались и строились в тесной связи с рельефом территории, и чаще всего под его «диктовку». Водные преграды и естественные понижения рельефа (балки и овраги) – наиболее часто используемые формы рельефа в градостроительстве. Необходимость учёта транспортных путей, системы водоснабжения, оборонительных свойств территории определяла месторасположение

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00385) и Гранта Президента РФ для гос. поддержки ведущих научных школ РФ, проект НШ-79.2012.5.

первоначального населённого пункта. Высокая расчленённость территории, крупный водоток позволяли располагать заложенный город в наиболее удобных для тех времен местах. Это высокий берег реки, окружённый с одной или двух сторон глубокими балками или оврагами. Эти особенности расположения городов прослеживаются практически для всех древних поселений. Вследствие этого большинство древних городов располагается на сильно заовраженных территориях.

Существует чёткая приуроченность местоположения поселений к определённым элементам рельефа и неравномерность во времени их образования. В таблице показано распределение количества новых городов на территории бывшей России.

Таблица. Число новых городов на территории бывшей России по столетиям

Столетие	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	IX	XX
количество городов	7	8	6	44	52	55	62	154	234	312	260	266

При общей тенденции к увеличению числа новых городов, прослеживается и снижение их количества. К тому же существуют периоды времени, когда в один год закладывалось сразу несколько городов или объявлялось городами. Так было основано в 1146 – 7, 1150 – 7, 1152 – 5, 1250 – 9, 1350 – 12, 1450 – 8, 1550 – 19, 1650 – 26, 1750 – 24, 1850 – 12 городов. Это, в основном, связано со смутными временами нашей истории или ведением военных действий. XII-XIII вв. это распад Киевской Руси, когда основывались новые города и объявлялись городами малые населённые пункты. XIII-XV вв. – Монголо-Татарское иго. Этот период характеризуется разнонаправленным трендом: с одной стороны возводились новые города засечных полос, с другой стороны города разрушались во время военных действий или оставлялись населением.

Все это требовало соблюдения главного на тот момент времени условия – безопасности города. Естественно, что города закладывались на территориях со сложным рельефом, который и мог обеспечить это условие, т.е. город основывался на месте слияния реки с крупной балкой или оврагом.

Конец XV – начало XVI веков стал своеобразным рубежом, после которого присоединяемые к России земли составляли с ней единое целое. Процесс присоединения остального наследства Древней Руси растянулся ещё на два столетия.

Начиная с середины XVII в. (условно), в связи с централизацией власти в России и освоением Сибирских земель, число городов (острогов), привязанных к оврагам и балкам, падает. С конца XVII в. их число резко уменьшается из-за Петровских реформ. Промышленное освоение Урала и Севера уже требует более удобных территорий с равнинными условиями.

Если в IX-XVI вв. города изначально закладывались как оборонительные укрепления, а затем прирастали псадами и близлежащими деревнями, то с середины XVIII в. уже сразу строили города. В XVIII-XIX вв. с ростом индустриализации эта тенденция всё более усиливается. При этом

овражно-балочные системы в новых и старых городах постепенно засыпаются или используются в инфраструктуре города.

Дальнейшее увеличение числа городов на заовраженных территориях в основном связано с изменением статуса населённого пункта и присоединения новых территорий.

XX в., особенно его вторая половина, охарактеризовался борьбой с оврагами при застройке новых городских территорий. Овраги засыпаются, превращаются в автомагистрали и т.д.

Таким образом, прослеживается историческая, общественно-политическая и экономическая зависимость выбора местоположения нового городского поселения от заовраженности территории. На протяжении многих веков овраги являлись элементами оборонительных рубежей, но с ростом технологических возможностей они не только утратили роль элементов рельефа используемых в градостроительстве, но и стали препятствовать расширению городской инфраструктуры. Вместе с этим непродуманная «борьба» с оврагами и овражной эрозией приводит к осложнению инженерно-геологических условий в городах.

О.В. Козина

Волгоградский государственный социально-педагогический университет

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОЙ СТАРИЦЫ В ПОЙМЕ РЕКИ ХОПЁР

Около 76% территории Государственного Хопёрского заповедника занимает пойма. Впервые инвентаризация водоёмов заповедника была произведена в 1939-1940 гг., но результаты работ утеряны во время войны. В 1944 г. К.И. Шурыгиной проведена повторная инвентаризация водоёмов: учтен 221 водоём. При следующей инвентаризации Ю.В. Дьяков в 1953 г. на территории заповедника описал 371 водоём. Следующая инвентаризация водоёмов проводилась в 1969 г., но материалов в архиве заповедника нет. В последующие годы исследования пойменных водоёмов проводились сотрудниками заповедника на уровне глазомерных описаний без соответствующих приборов, анализа и составления карт. Используя картосхемы разных лет, имеющиеся в архиве Хопёрского заповедника, можно дать не только характеристику внешнего вида и биологической составляющей водоёмов, но и проанализировать этапы и условия их формирования.

Русло реки Хопёр обладает достаточно большой извилистостью. Излучины русла находятся на разных стадиях развития. Развитие излучин часто завершается прорывом перешейка. Отчленённая излучина превращается в староречье и постепенно заиливается. Одним из ярко выраженных участков развития излучины и её завершения является формирование Новой старицы. На данном участке излучина вплотную подошла к коренному берегу, после чего начался следующий этап её развития. Ширина поймы здесь колеблется от 600 м до 1,5 км. Русло на данной излучине спрямлялось дважды.

На карте 1940 г. чётко видно формирование нового русла через шпору излучины, однако, связь с руслом не прекращается. На карте 1965 г. верхнее крыло излучины полностью утерало связь с руслом. Начинает формироваться оз. Кутиха, плотную подходящее к коренному берегу. Через нижнее крыло все еще осуществляется связь озера с руслом. Русло реки все же еще имеет синусоидальную форму. В последующие годы русло еще раз спрямляется. Начинает формироваться озеро Новая старица. На картосхемах 1985 г. оз. Кутиха отмирает, образуя серповидоизогнутую старицу. В верхнем крыле Новой старицы имеется узкая протока, поддерживающая связь с основным руслом в межень. В 1986 г. Новая старица полностью отшнуровывается верхним крылом от русла и связь прекращается.

Таким образом, в результате формирования излучины с очень большим радиусом кривизны, русло спрямлялось дважды. В результате данного процесса сформировалось два пойменных озера – старичное озеро Кутиха и Новая старица, до сих пор сохраняющая связь с основным руслом узкой протокой, шириной в межень всего лишь в несколько десятков сантиметров. На современных космоснимках хорошо прослеживаются этапы формирования излучины и самих озер.

Озеро Кутиха очень сильно заливается. В половодье вода из ольшаника, расположенного к юго-востоку от вершины старицы, через сеть нескольких старичных озер поступает в реку Хопёр. В такие периоды и озеро и Новая старица наполняются водой. Однако, вследствие невысокой скорости потока, в них откладывается большое количество взвешенных частиц.

М.А. Колосов, П.В. Беляков

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций

ЭРОЗИЯ ГРУНТОВЫХ НАСЫПНЫХ ДАМБ ПРИ ПОДТОПЛЕНИИ ВЕСЕННИМИ ПАВОДКАМИ

В связи с освоением нефтегазовых районов в пойме реки Оби и на полуострове Ямал в пойме реки Се-Яха широко используются насыпные сооружения из местного грунта. Местные грунты представлены мелкофракционными пылеватыми песками. Именно такие грунты используются для возведения дорог, производственных площадок, оградительных дамб обвалования для защиты подтопляемых территорий.

Одним из изучаемых объектов такого типа является протиповопаводковая дамба обвалования в пос. Приобье. Дамба расположена в пойме р. Оби в береговой протоке Алешкинская. Длина дамбы 3,5 км, максимальная высота 10,3 м. Предназначена дамба для защиты поселка от весенних паводков. Паводки наступают в первой декаде мая, и продолжаются до конца июля. Уровень воды в протоке Алешкинская соответствует уровням воды в реке Оби и составляет следующие значения: средний уровень – 13 м БС; максимальные уровни: 50% обеспеченность – 18,2 м БС, 10% обеспеченность – 19,52 м БС, 5% обеспеченность – 20,1 м БС, 1% обеспеченность – 20,8 м. БС.

По проекту тело дамбы предполагалось выполнить из суглинка. Такое решение было ошибочным, т.к. использование суглинка согласно СНиП 2.06.05.84 допускается только для противофильтрационных устройств, располагаемых внутри тела дамбы (ядро, экран, понур). Фактически тело дамбы было отсыпано из мелкофракционного пылеватого песка.

Крепление откосов дамбы выполнено следующим образом: напорный откос заложением 1:3 покрывается щебнем толщиной 0,15 м, а затем слоем камня толщиной 0,2 м, при этом диаметр камня должен быть не менее 0,1 м. Переходная зона (обратный фильтр) проектом не предусматривалась, безнапорный откос укрепляется посевом по предварительно отсыпанному слою растительного грунта.

Для обеспечения безопасности сооружения отметка гребня принята 21,8 м, что на 1,0 м превышает уровень паводка 1,0% обеспеченности.

После строительства дамбы, которое выполнялось в 2003-2005 гг., она приняла первый напор воды, при котором её откос был разрушен. Разрушение заключалось в оплывании откоса, при котором мелкофракционные песчаные грунты, примыкающие к «сквозному» креплению откоса, не «удержались» в теле дамбы. Откос получил серьёзные деформации, при которых щебень уложенный на откос сползал вниз, а мелкие фракции грунта уносились течением.

Эрозия насыпного грунта с откоса обусловлена двумя причинами:

1) Отсутствие между камнещебёночным креплением откоса и мелкофракционным грунтом тела сооружения «обратного фильтра». Это азбука гидротехники, которая включена в СНиП и не была учтена в проекте. Обратный фильтр или переходная зона предназначена для исключения фильтрационной суффозии грунта, явление которой всегда свойственно движению воды в грунте и сопровождается выносом грунта. В качестве обратного фильтра используются разнородные грунты укладываемые послойно на откос по принципу от более мелких к более крупным. В последнее время в качестве противосуффозионного защитного материала используется нетканый фильтрующий материал «геотекстиль».

2) Просадочные свойства насыпных песчаных грунтов. Эти свойства проявляются при подтоплении насыпей. Просадка насыпных грунтов есть результат нарушения межфракционных связей, пересортировка фракций песка при воздействии сил взвешивания и более плотная их укладка. При этом установлено, что чем меньше плотность формирования насыпи, тем выше просадка грунта.

При послойной укладке грунта в тело насыпи формируется две зоны:

1) зона более уплотнённого грунта создаётся в центре насыпи; здесь происходит более интенсивная усадка грунта, а кроме того уплотнению содействует вес вышележащей насыпи; 2) зона слабоуплотнённого грунта прилегающего к откосам; как правило, в эту зону не входят механизмы уплотнения при отсыпке насыпи, а также нет воздействия от веса вышележащих грунтов.

В зону 2, где грунты имеют слабую плотность, поступает вода при подтоплении насыпи, что вызывает просадку грунта. Просадка этого слоя способствует оплыванию откоса. Устойчивость напорного откоса дамбы зависит от величины вдольберегового течения.

Величину среднего вдольберегового течения на участке реки можно определить путем использования программного комплекса «RIVER», который разработан на кафедре водных путей и водных изысканий СПГУВКа.

В.Н. Коротаев, Е.Б. Власов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА УСТЬЕВЫХ СИСТЕМ КАВКАЗСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЕРНОГО МОРЯ

Устьевые системы малых рек (реки длиной до 200 км и площадью водосборного бассейна до 10000 км²) имеют следующие особенности: 1) относительно небольшие размеры, позволяющие изучать одновременно все их составные части; 2) высокую динамичность русловых и дельтообразующих процессов; 3) разнообразие морфогенетических типов устьевых систем на сравнительно ограниченной по протяженности береговой линии, развивающихся примерно в одинаковых природных условиях.

Природными моделями процессов дельтообразования на побережье Западного Закавказья были выбраны реки Бзыбь, Кодори, Ингури и Риони. Аналогично берегам Мирового океана устьевые системы черноморского побережья Западного Закавказья представлены двумя основными морфогенетическими типами – это дельты выдвижения на открытом морском побережье (Бзыбь, Кодори и Ингури) и дельты заполнения долинных заливов (Риони). Весьма характерным является то, что перед устьями перечисленных рек расположены вершины подводных каньонов, поглощающих большую часть стока взвешенных и влекомых наносов, выносимых реками к морю. На прибрежной равнине дельты выдвижения сформировали аллювиальные конуса выноса площадью от 30 до 120 км² за период не менее 1000 лет (нимфейская стадия черноморской трансгрессии). В низовьях Риони образована дельта выполнения долинного залива общей площадью около 700 км².

На основе крупномасштабных топографических карт и космических снимков были составлены геоморфологические обзорные схемы для устьевых систем рек Бзыби, Кодори, Ингури, Риони и сопредельных территорий, позволяющие оценивать региональные особенности рельефа этих территорий, а также схемы морфодинамики морского края этих дельт.

Анализ гидрологических и геолого-геоморфологических характеристик исследованных устьевых систем черноморского побережья Кавказа позволил сделать следующие выводы:

1) Устьевые системы Бзыби, Кодори и Ингури относятся к *устьевым системам выдвигения в виде аккумулятивных аллювиальных выступов* на поднимающихся берегах. Устьевая система Риони представляет *устьевую систему выполнения долинного залива*, частично наследующую тектоническую депрессию Колхидской низменности.

2) Общим характерным признаком для всех исследованных систем является присутствие на береговом склоне *подводных каньонов*, вершины которых расположены в непосредственной близости от устьев рек.

3) Общим характерным признаком для устьевых систем выдвигения (реки Бзыбь, Кодори, Ингури) является *отступление береговой линии* со скоростью от 2 до 15 м за 50 лет. В устьевой системе Риони наблюдается *мощная аккумуляция* (от 225 до 450 м за 50 лет) севернее молов Потийского порта, служащих искусственной преградой для южных миграций вдольбереговых наносов.

4) Общим характерным признаком для устьевых систем выдвигения является *смещение положения главного русла* в направлении вдольберегового потока наносов, которое достигает от 2 до 14 км. В устье Риони русло реки относительно стабильно. До 50-х годов XX в. река впадала южнее порта Поти. Её устье почти вплотную подходило к вершине подводного каньона, куда уходили почти все речные наносы (тонкие пески) в виде мутьевых потоков. Впоследствии был выполнен искусственный перевод основного русла Риони на участок берега севернее порта Поти вне непосредственного действия подводного каньона. Это привело к накоплению полосы современной террасы шириной от 200 до 450 м. Однако в отличие от рек Бзыби, Кодори и Ингури здесь не произошло образование аккумулятивного выступа, хотя Риони имеет наибольший сток наносов на этом участке побережья (более 6 млн. т). Объяснением этого может служить история формирования устьевой системы Риони как системы выполнения долинного залива, возникшего в нимфейскую стадию трансгрессивно-регрессивного цикла Чёрного моря в пределах тектонической депрессии Колхидской низменности.

Л.В. Куксина

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ОСОБЕННОСТИ СТОКА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РЕК ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

Полуостров Камчатка представляет собой особый регион в отношении условий формирования стока наносов протекающих здесь рек, что обусловлено широким распространением территорий активного вулканизма, определяющих специфические черты поступления наносов в русловую сеть вследствие высокой размываемости вулканогенных отложений на склонах действующих вулканов. Развитие горнодобывающей промышленности на территории Камчатки обуславливает наличие техногенных источников поступления минеральных частиц в русла рек. На большей части территории

полуострова всё же доминируют традиционные природные факторы изменения стока взвешенных наносов (гидрологические, гидрографические, орографические, климатические, литологические и почвенно-ботанические). Это определяет разнообразие зависимостей вида:

$$R=f(U_i)$$

где R – сток взвешенных наносов, U_i – факторы его формирования.

Исследование этих зависимостей проведено на основе анализа результатов полевых работ (2003-2011 гг.), данных наблюдений по постам УГМС за стоком воды и наносов, обобщения литературных источников. Реки полуострова, на которых имеются наблюдения за мутностью речных вод разделены на группы в зависимости от сочетания условий формирования стока взвешенных наносов (модуль стока воды M_Q , л/с·км²; площадь водосбора F , км²; средняя высота водосбора H , м; средневзвешенный уклон реки $I_{взв}$, ‰; лесистость $f_{л}$, ‰; распространённость рыхлых вулканогенных отложений $\frac{F_{рых}}{F}$; относительная площадь водосборов рек вулканических территорий $\frac{F_{вул}}{F}$).

Анализ зависимостей вида $R=f(U_i)$ для рек в различных районах полуострова позволил выявить специфику формирования стока наносов на исследуемой территории. Основное влияние на сток наносов горных областей, не испытывающих постоянного воздействия действующих вулканов, оказывает высота водосбора и средневзвешенный уклон рек. В зависимости от залесённости территории находится интенсивность эрозионных процессов. Сток взвешенных наносов рек равнинных областей Камчатки возрастает с увеличением площади водосбора и уклона рек. На реках, водосборы которых испытывают воздействие активного вулканизма, основными факторами формирования стока взвешенных наносов являются площадь водосбора и сток воды, распространённость на территории водосбора рыхлых вулканогенных пород и густота речной сети, дренирующих склоны и подножия действующих вулканов. Для временных водотоков на склонах вулканов характерна исключительно высокая насыщенность потока минеральными частицами.

Выявленные зависимости использованы для восстановления пропусков в рядах стока взвешенных наносов, определения стока для неизученных рек. Это позволило оценить сток наносов рек восточного побережья Камчатки и величину их ежегодного поступления в Тихий океан. Она составляет около 10,2 млн. т/год, или 12,5 % от суммарного выноса реками литогенного материала в Тихий океан с восточной окраины России. На основе обобщения фактических и расчётных данных о стоке взвешенных наносов построены карты распределения модуля стока взвешенных наносов, а также зон изменения средней многолетней величины мутности воды на территории полуострова Камчатка.

**Ф.Н. Лисецкий, А.Г. Нарожняя, О.А. Чепелев, Я.В. Кузьменко,
О.М. Самофалова, Э.А. Терехин**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ БАССЕЙНОВОЙ КОНЦЕПЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ*

Территория Белгородчины, занимая часть южного макросклона Среднерусской возвышенности, имеет густую речную сеть: в области насчитывается 575 водотоков общей протяжённостью свыше 3900 км. Длину более 10 км имеют 97 рек. С помощью ГИС-технологий обоснованы новые границы 65 речных бассейнов площадью от 67 до 1517 км² 3-6 порядков (по системе Стралера-Философова). Пятьдесят бассейнов, полностью или большей частью своей территории расположенных в пределах области, типизированы и стали объектами проектных работ для организации бассейнового природопользования.

Ранее разработанная система поэтапной организации экологически сбалансированного природопользования в пределах речного бассейна предложена для одного из бассейнов региона (при выполнении программы "Эко-Ворскла-2005"). В 2011 г., после представления на заседании правительства Белгородской области концепции бассейнового природопользования и результатов пилотного проекта, выполненного авторской группой НИУ «БелГУ», стартовала трёхлетняя программа обустройства всей территории области на бассейновых принципах. Распоряжением правительства Белгородской области 27.02.2012 г. утверждена концепция бассейнового природопользования.

В естественнонаучном отношении целостность бассейнов рассматривается через призму их природной организации и связующих процессов (вещественно-энергетических потоков). На территории бассейна, как природно-хозяйственной системы, взаимосвязаны природные и социально-экономические процессы. Поэтому при решении задач территориального планирования важно найти оптимум между сложившейся практикой природопользования в бассейнах, перспективами развития территории, природно-ресурсным потенциалом, мерами по воспроизводству природных ресурсов и обеспечению экологической безопасности.

Бассейново-административный подход позволяет организовать и внедрить практически ориентированную систему рационального природопользования через разработку проектов бассейнового природопользования.

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 12-05-97510-р_центр_а).

Разработка проектов бассейнового природопользования проводится в определённой последовательности, из которой выделим этапы почво-водоохранной направленности: актуализация крупномасштабных цифровых картографических материалов для бассейна по данным спутникового зондирования Земли; ГИС-картографирование территориальных ландшафтных структур на основе парагенетической и бассейновой структуризации территории; формирование базы данных по допроектному агрохимическому и агроэкологическому состоянию земель; организация полевых обследований земельного фонда для определения его целевого использования, экологического состояния и перспектив оптимизации использования; диагностика эколого-хозяйственного баланса земель и степени их естественной защищённости; обустройство земель, прилегающих к гидрографической сети, путём закрепления ландшафтно обоснованных границ прибрежных и водоохранных зон; картографирование типов использования пашни по условиям рельефа с определением приоритетных работ для биологизации земледелия; проектирование каркаса почво-водоохранного и экологически устроенного ландшафта инженерно-географическими методами; разработка проекта оптимизации структуры земельного фонда, обоснование территорий, отводимых под реабилитационное земледелие, культурные пастбища, сенокосение, лесомелиорацию, залужение земель и консервацию нарушенных и деградированных угодий; обоснование проектных решений по развитию сферы рекреации и туризма, включая использование водных объектов; территориальное обоснование новых функциональных зон: ООПТ, обустроенные родники, посадки энтомофильных, энтомологические микроразказники и охотничьи резерваты, охранные зоны объектов историко-культурного наследия; определение социально-экономических и экологических целевых показателей проекта; разработка первоочередных и перспективных мероприятий по достижению целевых показателей проекта с разбивкой по годам; обоснование системы мониторинга: места, методика и периодичность отбора проб, определяемые показатели, в т.ч. по критериям оценки реализации проектов бассейнового природопользования; разработка «Бассейновой геоинформационной системы».

При решении поставленных задач возникает необходимость сбора и обработки репрезентативного массива данных о хозяйственном использовании земель на водосборах и гидролого-гидрохимических параметрах рек, что в современных условиях может быть эффективно реализовано только с применением аналитического инструментария геоинформационных систем и организацией обмена информацией с региональными инфраструктурами пространственных данных.

**Г.В. Лобанов, А.В. Полякова, М.В. Коханько, А.Ю. Зверева,
М.А. Новикова, Е.А. Сабайда**

Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского

ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФЛЮВИАЛЬНОГО РЕЛЬЕФА

Разнообразие геолого-геоморфологического строения территории учитывается в моделях стока как элемент, влияющий на устойчивость связи факторов и величины стока. В бассейнах крупных рек на особенности гидрографа главной реки влияют отличия режима осадков, поверхностного и подземного стока, наблюдаемые в разных частях бассейна. Такая ситуация характерна и для бассейнов малых и средних рек, находящихся на границах крупных геоморфологических и ландшафтных регионов. Неоднородность физико-географических условий обуславливает многообразие проявлений флювиальных процессов в геоморфологических системах разного уровня.

Существенным фактором ландшафтной дифференциации в бассейне верхнего Днепра является литогенная основа, особенности которой через разные водно-физические свойства грунтов и их устойчивость к размыву влияют на режим поверхностного стока. Неоднородность рельефообразующих факторов влияет на разнообразие эрозионного рельефа на разных масштабных уровнях – строения речных сетей, соотношения разных морфодинамических типов русла, многолетней динамики русловых форм.

Для морфологического анализа флювиального рельефа программными средствами MapInfo построена иерархическая цифровая модель речных сетей и водосборных бассейнов. Первый уровень образует модель бассейна верхнего Днепра, состоящая из линейных объектов, соответствующих главным притокам Сожа и Десна; отрезков их течения разного морфодинамического типа; отдельных макроизлучин и серий излучин, использованных в полевых исследованиях как ключевые объекты. Второй уровень образует модель бассейна Судости, включающая модели притоков и водосборных бассейнов 1-4 порядков, сведения об уклонах по руслу и средних значениях крутизны поверхности бассейна.

Соотношение разных морфодинамических типов русла главных притоков Десны (Болва, Судость, Снов) и Сожа (Ипуть) отражает геолого-геоморфологические особенности строения бассейна. Наиболее однородно в морфодинамическом отношении русло р. Болва: 83% течения приходится на меандрирующий тип русла, 17% – на относительно прямолинейный. Геоморфологическое строение территории сравнительно однородно, долина пересекает задровую равнину с неглубоким залеганием коренных пород, что определяет большую протяжённость относительно прямолинейных участков русла вдоль коренных берегов. Доля прямолинейных участков в течении Судости составляет 18%, они сосредоточены в основном на участке долины с резко асимметричным строением. Правобережье здесь представлено лёссовым

плато, левобережье – аллювиально-зандровой равниной, сложенной супесчано-суглинистыми породами. При пересечении участка водно-ледниковой равнины в среднем течении появляются разветвлённые на рукава участки длиной от 0,8 до 2,5 км (8% общей длины течения). Река Снов, протекающая в основном по аллювиально-зандровым равнинам, имеет высокую долю разветвлённого на рукава русла (37% общей длины) с длиной до 33 км; на участках пересечения лёссового плато появляются короткие относительно прямолинейные участки (8%) общей длины. В бассейне р. Ипуть чередование участков выровненных низменных аллювиально-зандровых равнин и относительно приподнятых расчленённых моренных равнин отражается в разнообразии типов русла – 28% приходится на разветвлённое на рукава русло, 11% – на относительно прямолинейное.

Для ключевых участков, соответствующих макроизлучинам ретроспективным анализом геоизображений (космических снимков, топографических карт разных лет издания, военно-топографических карт) установлены типы динамики меандрирующего русла. В основании типизации учтены морфодинамические и морфологические изменения русла. В последние десятилетия XX в. из возможных вариантов типизации реализуется четыре (табл.).

Таблица

Ключевой объект	Сохранение морфодинамического типа (количество объектов)			Перестройка морфодинамического типа (количество объектов)		
	Усложнение	Упрощение	относит. стабильность	Усложнение	Упрощение	Стабильность
Болва	1	1	4	–	–	–
Судость	1	5	3	–	–	–
Снов	3	4	2	–	2	–
Ипуть	2	4	4	–	–	–

Наиболее однозначна динамика русла р. Болва, для которой характерна стабильность как относительно прямолинейных, так и меандрирующих участков, что удовлетворительно объясняется относительной однородностью геоморфологического строения бассейна. Большее количество вариантов динамики соответствует разнообразным в геолого-геоморфологическом отношении бассейнам рек Ипуть и Снов.

Особенности строения речной сети рассмотрены на примере бассейна р. Судость, в которой существенно различаются физико-географические особенности левобережной и правобережной части. Правобережье – большая часть бассейна (60% территории) представлена наклонными лёссовыми равнинами в верхней и средней части, водно-ледниковыми и зандровыми равнинами в нижней. Левобережье – наклонные водно-ледниковые равнины с участками зандров, плавно переходящие в серию надпойменных террас, сложенных супесчано-суглинистыми отложениями.

Влияние геолого-геоморфологического строения оценивается через постоянство гидрологических коэффициентов по Хортону и подобие водотоков малых порядков в левобережной и правобережной части бассейна.

Гидрологические коэффициенты – бифуркации, соотношения длин водотоков и площадей бассейнов определены по методу Хортон-Стралера. Подобие водотоков малых порядков оценено через сходство их морфологических показателей по методике, рекомендованной нормативным документом СП 33-101-2003:

$$L / A^{0,56} \quad (1)$$

$$J A^{0,50} \quad (2)$$

где L – длина реки, км; A – площадь водосборного бассейна, км², J – уклон, м/км.

Значения гидрологических коэффициентов (по Хортону-Стралеру), рассчитаны отдельно для левобережной и правобережной частей бассейна, в связи с различием условий стока.

В правобережной части бассейна водосборная сеть более развита и представлена водотоками 1-4 порядков, в левобережной – 1-3. Значения гидрологических коэффициентов бифуркации, отношения длин и площадей непостоянны. Средняя длина водотоков на правобережье увеличивается от 1 к 4 порядку в соотношении 1:2,84:2,62:1,68; площадь бассейна возрастает в соотношении 1:5,16:3,36:3,21. Разброс значений гидрометрических характеристик находится в широких пределах, в частности, водотоков 2-го порядка – от 5 до 27 км, 3-го – от 12 до 35 км, при этом максимальные и минимальные значения не являются «выпадающими», а принадлежат чётко выделяющимся группам.

Причиной непостоянства гидрологических коэффициентов наиболее вероятно является неоднородность геолого-геоморфологических факторов развития речной сети. Длина и площадь водотока одного порядка существенно различаются на выровненных поверхностях моренно-зандровых равнин и эрозионно-расчленённых лёссовых плато, занимающих основную долю водораздельных поверхностей правобережья. На левобережье такие различия установлены для участков флювиогляциальных супесчано-суглинистых и аллювиально-зандровых песчаных равнин. Длина водотоков второго порядка изменяется здесь соответственно от 6-10 км до 16-20 км, площадь бассейна – от 30-70 до 100-150 км.

Закономерность проявляется и для коэффициентов морфологического подобия – значение показателя (1) минимально на лёссовых плато и в краевых частях наклонных равнин, сложенных покровными суглинками, и составляет соответственно 1,11 и 1,27. Такие территории имеют густое эрозионное расчленение и соответственно узкие водосборные бассейны. Значения показателя для водосборных бассейнов на выровненных поверхностях моренно- и аллювиально-зандровых равнин существенно выше – 1,55.

Пространственное распределение значений показателя (2) следует аналогичной закономерности. Уклоны водотоков одного порядка прямо зависят от энергии рельефа и в целом уменьшаются с возрастанием порядка вследствие неоднородности геоморфологического строения бассейнов. Максимальные уклоны по руслу (до 13 м/км) характерны для рек малых порядков на участках с высокой энергией рельефа. На правобережье закономерность ярко проявляется в морфологическом подобии рек 1-2 поряд-

ков, пересекающих лёссовое плато и сравнительно крупных водотоков 3-4 порядков с большей в несколько десятков раз площадью бассейна, но небольшими средними уклонами по руслу. На левобережье р. Судость подобными по соотношению уклона по руслу и площади бассейна оказываются притоки 1-го порядка на аллювиально-зандровых равнинах (вследствие большой площади водосборного бассейна) и 3-го порядка (вследствие относительно больших уклонов).

Зависимость морфологических особенностей флювиального рельефа от геолого-геоморфологического строения представляется немаловажным принципом в обосновании моделей устойчивости рельефа разных иерархических уровней.

Б.Н. Лузгин

Алтайский государственный университет

СВОЕОБРАЗИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ р. КОБДО (HOVD) В МОНГОЛЬСКОМ АЛТАЕ

Бассейн р. Кобдо расположен на восточных склонах высоких Алтайских гор на северо-западе Монголии. Он разделён меридиональными геоморфологическими уступами таким образом, что верховья реки отвечают Центрально-Монгольскому тектоническому блоку, среднее течение – Восточно-Монгольскому, опущенному по отношению к первому на 300-600 м, а нижнее течение принадлежит Большеозёрной котловине – впадине, отстоящей по высоте ещё на 300 м. Соответствующие этому водосборы реки также контрастны по их морфологии. Для верховий водосборная площадь представляет эллипсовидный овал диагональной (северо-западной) ориентировки, оконтуренный с севера, запада и юга водоразделами Сайлюгемского и главных хребтов Монгольского Алтая. На востоке это субмеридиональная система гор междуречья Кобдо и Сагсай. В пределах Восточно-Алтайского тектонического блока, отделённого от предыдущего открытым на восток уступом, это весьма протяжённая меридиональная зона, простирающаяся от Сайлюгемского горного узла на севере до магистрального хребта Монгольского Алтая на юге. По плотности речной сети и мощности речных потоков она существенно уступает Центрально-Алтайской. Иным выглядит и рисунок речной сети – сложно ветвистый кроновый в первом случае и прерывисто-перистый – во втором. В границах Большеозёрной тектонической котловины нижнее течение реки представляет собой впадино-озёрные ландшафты с существенным регулированием водного стока крупными естественными водоёмами, связанными между собой короткими протоками речных русел.

Общая протяжённость р. Кобдо составляет порядка 600-650 км. Её истоки находятся на южных склонах наиболее высокой горы Монгольского Алтая – Найрамдал (4374 м). Конечное водоприёмное озеро – Харгас имеет уровень зеркала вод около 1030 м.

Крайне важными особенностями долинной системы Кобдо в пределах основных тектонических блоков является сочетание здесь эрозионных и аккумулятивных участков, отличающихся цикличной ритмикой. Гляциально-троговые верховья долины с пограничным расположением ригелей в её верхней трети сменяются обширным расширением Верхнекобдинской впадины. Здесь находятся два сближенных крупных проточных озера – Хотон и Хурган. Они окружены прирусловыми валами усыхания на высотах 2100-2500 м. За крутым разворотом реки с юго-востока на северо-запад долина резко сужается и в качестве сквозной пересекает расположенный севернее горный массив.

У восточной границы Центрально-Монгольского блока верхняя часть среднего течения реки наложена на широкие сливающиеся между собой протяжённые впадины речных систем Цаган, Ойгур и Сагсай, а ниже по течению р. Кобдо вновь заключена в узкие контуры долины прорыва, вплоть до очередного открытого на восток тектонического уступа.

После серии деформационных приразломных изгибов русла реки до впадения в крупное озеро Хар-Ус она приобретает согласное со структурой Восточно-Монгольского тектонического блока устойчивое южное направление потока. Для этой обстановки характерно чередование речных долин то горного, то равнинного типов. Однако здесь горные выступы преимущественно разрежены, а равнинные участки ландшафтов, контролирующие долину реки, характеризуются повышенной озёрностью и широкими речными разливами. В пределах гористых участков преобладают узкие речные долины. Они могут пересекать основные выступы гор через их центральные или приграничные части, хотя, казалось бы, естественней огибать их по ближайшим периметрам равнин.

Очевидно, что указанные особенности свидетельствуют о чрезвычайно своеобразном характере эрозионных процессов этой реки. В целом их можно определить как ритмо-циклические эрозионно-аккумуляционные. Полиритмичность характеризуется здесь чередованием позиций развития аккумуляционных участков речных потоков с преимущественно эрозионными участками долин речного типа с озёрно-речными и доминированием озёрных фаций, плёсов и ущелий. Эрозионные отрезки долин горного типа могут интерпретироваться как сквозные напорно-прорывные, но и со значительным участием antecedentных звеньев. Последнее наиболее вероятно при преодолении речными потоками небольших горных выступов, расположенных среди равнинных участков тектонических впадин, заполненных молассоидами разрушающихся гор. Цикличность процессов выражается в сочетании проявлений пятащейся эрозии на участках горных долин, конфигурация которых зависит от уровненных изменений местных факторов базиса эрозии реки для верхних частей потоков, и от достаточности нисходящего речного потока для активизации глубинной эрозии на равнинных участках. Предполагается, что за счёт его мощности может быть увеличена общая протяжённость долины реки в данных обстановках. Эрозионный процесс здесь не исключительно регрессивен, но имеет сложную регрессивно-агрессивную направленность.

Отсюда и комбинированная геометрия продольного профиля реки в целом: сочетание параболических форм кривых тальвегов на участках преобладания глубинной эрозии и логистических (S-образных) – в местах перехода от расположенных выше равнинных участков долин к более низким этажам. Характерно циклично-ритмичное размещение участков долин, развивающихся по речному типу, и участков, механизм долинообразования на которых, по сути, отвечает законам развития овражно-балочных систем.

Е.А. Львовская

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ТИПЫ РАЗВЕТВЛЕННЫХ РУСЕЛ НА РЕКАХ СЕВЕРА ЕТР И ИХ ГИДРОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ*

На больших реках Севера Европейской территории России разветвлённые русла получили наиболее широкое распространение. Как в свободных, так и в ограниченных условиях русловых деформаций они являются преобладающим типом русла и представлены полным многообразием своих форм. Вниз по течению рек при увеличении мощности потока и уменьшении уклонов русла, как правило, более простые морфодинамические типы разветвлений сменяются более сложными. На большинстве рек руслоформирующие расходы воды проходят при затопленной пойме, что находит отражение в морфологии разветвлений и формировании пойменной многорукавности.

На широкопойменных и врезанных участках русла Северной Двины протяжённость разветвлённого русла составляет около 50% их длины. Разветвления представлены всеми морфодинамическими типами в равной мере, немного больший процент в широкопойменном русле среднего течения реки соответствует одиночным разветвлениям (12,4%). Во врезанном русле нижнего течения преобладающим типом являются структурные многорукавные разветвления (15%). На Вычегде разветвлённое русло преобладает в нижнем течении (33% от длины), наибольшее распространение получили здесь односторонние разветвления (22%). В нижнем течении Мезени, несмотря на врезанный характер русла, абсолютно преобладают параллельно-рукавные разветвления – 47%. На Печоре в широкопойменном русле выше слияния с Усой разветвления занимают около 60% всего морфологически однородного участка, преобладают сопряжённые разветвления (34%); в нижнем течении разветвления составляют 73% длины реки, среди них преобладают пойменно-русловые и параллельно-рукавные (26 и 22% соответственно). На участке врезанного русла Печоры среди разветвлений преобладают одиночные (около 40%).

* Выполнено при поддержке РФФИ (проект №12-05-00348) и гранта Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект №НШ-79.2012.5).

Переформирования разветвлений находят отражение в морфологии островов. Наиболее гидравлически выгодной формой, обеспечивающей наименьшие сопротивления потоку, является каплевидная форма острова. В этом случае оголовок острова направлен против течения, а острый конец обращен по течению. Однако такая форма острова встречается в естественных условиях лишь в симметричных разветвлениях.

Минимум сопротивлений острова оказывают потоку при отношении их длины к ширине $L_0/B_0 = 3-4$ (В.Р. Бейкер и Р.Д. Комар). При больших значениях L_0/B_0 происходит удлинение острова, острова приобретают сложную форму, а в рукавах формируются разветвления 2-го порядка, либо они начинают меандрировать; завершающей стадией эволюции острова являются острова, образующие пойменно-русловые разветвления. При меньших значениях L_0/B_0 острова увеличиваются в ширину.

Для рек Севера были получены зависимости между длиной L_0 и шириной B_0 элементарных островов. Такие зависимости дифференцируются в зависимости от морфодинамического типа разветвления. Для каждой реки определены свои границы значений соотношения L_0/B_0 , а также норма этого соотношения. Норме соотношения L_0/B_0 отвечают одиночные разветвления, для которых связь между параметрами островов наиболее тесная (для Северной Двины $r=0,93$, для Печоры $r=0,91$). Норме также соответствуют острова в односторонних и чередующихся односторонних разветвлениях, однако связь $B_0=f(L_0)$ менее тесная. По мере увеличения соотношения L_0/B_0 и, соответственно, удлинения острова, разветвление трансформируется в параллельно-рукавное (Северная Двина, Печора). Развитие пойменно-русловых и разветвлённо-извилистых русел обеспечивается за счет формирования излучин в рукавах разветвлений. На реках Севера ЕТР острова таких разветвлений имеют меньшую относительную длину и, как правило, более сложную форму.

Гидролого-морфологические зависимости являются одними из наиболее практически значимых с точки зрения прогнозирования русловых деформаций. Как правило, для разветвлённых русел такие зависимости представляют собой выражения, связывающие морфометрические параметры рукавов с гидрологическими характеристиками потока. Однако, возникновение самого разветвления является следствием образования острова. Форма острова под влиянием факторов русловых процессов в определённых условиях отвечает за дальнейшее развитие разветвления. В связи с этим гидролого-морфологический анализ разветвлений включает в себя зависимости, учитывающие параметры не только рукавов, но и островов разветвлений. В ходе гидролого-морфологического анализа разветвлённых русел на реках Севера Европейской части России были выявлены связи между параметрами островов некоторых типов разветвлений (L_0/B_0 – относительная длина и B_0/B_p – относительная ширина) и среднемасштабными расходами воды ($Q_{ср. макс.}$) в узлах разветвлений. При этом наблюдается сопряжённость в развитии островов следующих друг за другом разветвлений.

ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА РЕКАХ ЦЕНТРА РУССКОЙ РАВНИНЫ

Непосредственное изучение русловой эрозии и аккумуляции из-за сложности их проявления затруднено. В отдельные годы русловое ложе может повышаться, в другие понижаться на десятки сантиметров из-за неравномерности движения песчаных наносов. На русловую эрозию и аккумуляцию оказывают влияние многие процессы: боковая эрозия, поступление наносов с водосбора, транспортирующая способность потока, твердость пород к размыву. На основе анализа продольных профилей рек мы провели изучение направленности основных русловых процессов. Анализу были подвергнуты свыше 30 рек центра Русской равнины. Для каждой реки рассматривались три профиля: фактический, выработанный и профиль равновесия, их расположение по отношению друг к другу. В результате анализа были выделены районы русловой эрозии и аккумуляции на Русской равнине:

1. Приволжская низменная равнина. Преобладает аккумуляция, которая проявится в низовьях рек: Шоши, Ламы, Сестры, Дубны. Величина аккумуляции со временем составит 10-12 м. Время займет не одну тысячу лет.

2. Северные склоны Московской возвышенности. Преобладает эрозия. Реки те же, что и на Приволжской низменности. Фактические профили лежат выше выработанных на 10-12 м. Врезание рек со временем проявится на ту же величину.

3. Южный склон Московской возвышенности. Реки – Руза, Истра, Верхняя Клязьма, Воря, Шерна, Киржач, Пекша, Колокша, Нерль, верховья р. Москвы. Верхние и средние участки рек подвергаются эрозии. Глубина вреза составит от 2 до 22 м. На нижних отрезках рек Нерли, Колокши, Шерны, Вори профили рек выработаны. Учитывая, что вышерасположенные участки рек размываются, следует ожидать в низовьях аккумуляцию, местами до 7 м.

4. Москворецко-Окский район подразделяется на три подрайона – Примоскворецкий, Приокский, Воря – Протвинский.

Примоскворецкий подрайон включает р. Пахру с притоками, р. Северку, Верхнюю и среднюю Нару, р. Москву ниже впадения р. Истры. У р. Москвы и р. Пахры ниже впадения р. Мочи все три профиля совпадают. На этих отрезках рек, скорее всего, будет идти аккумуляция. На остальных участках проявится эрозия, до 1-20 м.

Приокский подрайон включают реки – нижнюю Нару и Лопасню. Профили рек близки к равновесию. Проявит себя аккумуляция. Воря – Протвинский подрайон, включает реки: Протву, Шаню, Ворю, Лужу. У рек Шани, Нижней Лужи, Нижней Протвы фактический профиль совпадает с выработанным. Преобладает аккумуляция, так как выше произойдет размыв до 1-7 м.

5. Пятый район охватывает р. Угру, на всём протяжении величина вреза составит до выработанного профиля 7 м, а до профиля равновесия – 15 м.

6. Шестой район включает реки Рессу и Верхнюю Оку. Профили выработаны, проявит себя аккумуляция. Материал поступит с водосбора.

7. Седьмой район включает р. Оку от впадения р. Упы до Коломны. Профиль реки выработан, из-за обильного поступления наносов с водосбора: проявит себя аккумуляция.

8. Заочье включает реки: Упу, Осетр, Проню. В верховьях рек наблюдается эрозия. Врезание составит до 16 м. В среднем течении врезание меньше, до 1-7 м. В нижнем течении р. Прони ожидается аккумуляция.

9. Мещерский район. Реки: Бужа, Гусь, Цна (Ройка), Клязьма, Ока. Река Гусь, низовья Бужи на протяжении 30 км обладают совпадающими профилями – фактическим и выработанным. Профиль равновесия лежит на 10-12 м ниже выработанного. Возможна как эрозия, так и аккумуляция, всё зависит от поступления наносов с водосбора реки. При перегруженности потока наносами произойдет их отложение, при слабой загруженности – эрозия. У р. Оки в пределах Мещеры профили фактический и выработанный совпадают. Профиль равновесия лежит ниже выработанного на 7-9 м. Ввиду большого поступления наносов с водосбора и слабых скоростей потока происходит аккумуляция.

В целом на территории Центра преобладает эрозия. В нижнем течении ряда рек профили совпадают. Реки достигли состояния равновесия, но тем не менее идёт аккумуляция, т.к. выше по реке проявляется эрозия. Южнее границы последнего оледенения многие реки смогли сформировать выработанные плавные профили. Крупные реки: Клязьма, Ока, нижняя Москва приблизились к профилям равновесия.

Выделенные эрозионно-аккумулятивные районы есть детализация природных районов Центра Русской равнины. Следует отметить, что на поймах всех рек в настоящее время происходит отложение наносов. Размыв, если и проявляется, то носит локальный характер.

М.М. Мордвинцев, С.И. Лапшенков

ФБГОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»

ПРОБЛЕМЫ СТОКОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ ГИДРОТЕХНИКИ НА ВОДОСБОРАХ МАЛЫХ РЕК

Стокорегулирующая гидротехника – система мероприятий и сооружений на водосборе для предотвращения истощения и загрязнения водных объектов. Сложившиеся в настоящее время схемы регулирования поверхностного стока в бассейнах малых рек не обеспечивают эффективное использование водных и земельных ресурсов, не способствуют улучшению качества поверхностных вод и не снижают эрозионную опасность на водосборах рек, особенно на стокоформирующих площадях. Так, в бассейне

средней реки Тузлов (Ростовская область), основными притоками которой являются семь малых рек (Крепкая, Сухой Несветай, Малый Несветай, Большой Несветай, Грушевка, Аюта, Мокрая Кадамовка), насчитывается 410 прудов и водохранилищ общей ёмкостью 52,6 млн. м³ при стоке в средне-маловодный год (75% ВП) 101,0 млн. м³. Забор поверхностных вод для хозяйственных нужд в последние годы не превышает 2,0 млн. м³, в том числе из прудов и водохранилищ используется всего 0,64 млн. м³; потери на испарение составляют 7,4 млн. м³. При этом качество воды в реках бассейна Тузлова (по УКИЗВ) остаётся на уровне «грязной» воды.

Решение этой проблемы невозможно без комплексного изучения всех факторов, влияющих на режим и состояние первичной гидрографической сети, обеспечивающей поступление воды в малые реки.

Способы и приёмы стокорегулирующей гидротехники направлены на защиту малых рек от истощения и загрязнения, на устранение угрозы негативного воздействия вод в виде наводнений, эрозии почв, оползней и селевых потоков, а также на рациональное хозяйственное использование водных ресурсов водосборной площади этих водных объектов.

Таким образом, объектами исследований являются элементы первичной гидрографической сети и гидротехнические сооружения на водосборах малых и средних рек, которые в большей степени подверглись техногенному воздействию и на которых уже проводились в той или иной степени «восстановительные» мероприятия.

Элементами регулирования являются: расходы воды в гидрографической сети водосбора, характеристики твёрдого стока и процессы водной эрозии по пути движения потоков к реке. На фоне изменения этих элементов регулирования следует выполнять и оценку качества воды.

В процессе разработки научного обоснования и рекомендаций по компоновке, проектированию и эксплуатации сооружений стокорегулирующей гидротехники возникает необходимость в решении следующих задач:

- обобщить имеющиеся к настоящему времени способы и сооружения для регулирования поверхностного стока в бассейнах малых и средних рек, выявить их положительные и отрицательные стороны, оценить их влияние на количественные и качественные характеристики водных ресурсов;

- обосновать метод определения целесообразной степени регулирования малыми водоёмами стока с водосбора, а также принципы их размещения на водосборной площади;

- адаптировать известные и разработать новые приёмы и методы сбора и пропуска воды с водосборной площади до реки без возбуждения эрозии;

- разработать и обосновать способы регулирования твёрдого стока на водосборе (до поступления его в реки);

- разработать технологические схемы восстановления малых водоёмов, которые «вписываются» в рациональную схему стокорегулирования,

и утилизации тех водоёмов, которые способствуют непродуктивному расходованию воды и ухудшению состояния русел малых и средних рек;

разработать методику эколого-экономического обоснования регулирования стока на водосборе малой реки.

Одновременно с решением этих задач решаются задачи борьбы с эрозией, устранения причин истощения малых рек, сокращения непродуктивного испарения атмосферных осадков, повышения очищающей способности текущей воды и другие задачи.

Основные принципы, которые положены в решение перечисленных задач, могут быть сформулированы следующим образом: отказ от мер по задержанию стока на водосборе и в русле реки в период межени; разработка и обоснование критериев (нормативов) допустимого уровня регулирования стока на водосборе, которые обеспечивают экологическую проточность по всей длине малой реки; обоснование гипотезы, что улучшить состояние деградированных рек возможно целенаправленным регулированием их режима, а не только защитой рек от загрязнений и расчисткой их русел.

Большинство существующих мероприятий по защите и решению проблем малых рек имеют либо организационно-хозяйственный, либо правовой характер (организовать..., запретить..., прекратить..., усилить контроль и тому подобное). Безусловно, проведение этих мероприятий необходимо, как необходимо и совершенствование правового обеспечения водопользования на малых реках. Однако деградация малых рек и биоты, обитающей в этих водных объектах, а также рост негативного влияния вод на все сферы жизнедеятельности населения страны требуют разработки и обоснования новых подходов к рациональному использованию и охране малых рек. Должен быть найден компромисс между необходимостью задержания стока на водосборе для агротехники, лесомелиорации, защиты от наводнений и необходимостью защиты малых рек от истощения и исчезновения их, как элементов ландшафта.

Н.Н. Назаров

Пермский государственный университет

УПРАВЛЯЕМАЯ АККУМУЛЯЦИЯ НАНОСОВ КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ БЕРЕГОВ ВОДОХРАНИЛИЩ*

Анализируя тематику исследований, проводимых в последние годы по вопросам функционирования и развития водохранилищ, следует признать, что отношение специалистов, учёных и общества в целом к разрушению берегов довольно прохладное (созерцательное). Похоже, что все смирились с фактом отсутствия технологий и средств для эффективного и масштабного противодействия процессам разрушения. Между тем ежегодные потери в результате деятельности абразии на водохранилищах России все

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-00735).

последние годы составляют десятки, сотни и тысячи гектар. При этом строительство дорогостоящих берегозащитных сооружений осуществляется лишь на локальных объектах и только на самых ценных в экономическом или наиболее уязвимых в социальном отношении участках берега, что в конечном итоге не решает проблемы сокращения ущерба, наносимого национальной экономике России, от деятельности геодинамических процессов на водоёмах. По некоторым оценкам ущерб от разрушения берегов составляет около 90 млн. US\$ / год.

По мнению автора, сегодня защитить абразионные берега водохранилищ от разрушения, используя для этого даже самые современные технологии, практически не реально. Большая протяжённость береговой линии и отсутствие достаточных средств на строительство берегозащитных сооружений не позволяют приостановить или хотя бы снизить скорость разрастания площади акваторий водохранилищ за счёт прибрежной зоны. Выход один – поиск механизмов *управления* геодинамическими процессами, которые бы осуществляли корректировку эффекта их воздействий с негативного на позитивный.

Наиболее перспективным направлением в реализации такого плана действий является поиск способов активного вовлечения аккумулятивных процессов в моделировку берегов. Для этого необходимо найти «инструмент» использования наносов, образующихся в результате их разрушения (в дальнейшем безвозвратно теряемых в глубоководной зоне), на «ремонт» или «строительство» берегов.

Первыми шагами на пути выбора способа управления движением наносов являются: а) установление местоположения основных участков питания наносами; б) определение пространственно-временной структуры потоков наносов и границ их распространения; в) определение местоположения и устойчивости аккумулятивных форм во времени и некоторые другие.

В качестве полигона для проведения исследовательских работ в этом направлении был выбран 12-километровый участок правобережья в средней (озеровидной) части Камского водохранилища – от с. Слудка (приустьевая часть Обвинского залива) на севере до залива р. Гаревая на юге. Работы проводились с использованием дистанционных и инструментальных (полевых) методов исследований.

Сопоставление данных о количестве материала, поступающего в приурезовую зону в результате разрушения берегов (данные мониторинга за 1998-2008 гг.), с фактическими размерами стабильных аккумулятивных форм, сформировавшихся в зоне осушки, говорят о постоянном изъятии значительной доли крупных фракций наносов из вдольберегового переноса. Как показали натурные наблюдения за формированием и динамикой временных аккумулятивных тел в периоды осухек, изъятие наносов (фракции 0,1 мм и крупнее) из вдольберегового переноса осуществляется двумя основными способами. Первый – аккумуляция материала по типу кос и пересыпей в глубоких заливах, второй – выброс наносов с концевых мысов малых слабоогнутых дуг в глубоководную часть акватории. На мысах откло-

нённые струи вдольбереговых течений сначала оставляют наносы на какое-то время на поверхности береговой отмели (в условиях НПУ), а в процессе осенней сработки (при средних и низких уровнях) переносят их в подножье свала глубин. При сезонных снижениях уровней переотложенный материал каждый раз на новом более низком уровне вновь вовлекается во вдольбереговой перенос. В зависимости от уклона абразионной части отмели и характера волнения здесь формируются прибойные или штормовые валы. В период весенней осушки, по мере удаления от участка промежуточного накопления наносов и преодоления влекомым материалом нескольких концевых мысов в период осенних штормов, валы в результате продольного и поперечного перемещения (рассеивания) наносов истончаются и постепенно выклиниваются.

Как показал анализ результатов проведённых исследований, в качестве приёма по закреплению наносов в подножьях абразионных уступов, может быть применён способ их принудительной аккумуляции. Перед концевыми мысами, с которых обычно происходит локализованный выброс наносов в зоны их временной или постоянной консервации (глубоководная зона, мелководье при биогенных берегах, заливы и др.), строятся искусственные преграды (буны, каменная наброска). Наносы постепенно заполняют новообразованный входящий угол и формируют пляж, развитие которого происходит в направлении местоположения зоны питания этим материалом.

Возведение непропусков наносов перед точками их «невозврата» кроме берегозащитного эффекта несёт в себе и другие положительные последствия для водоёма: – снижение скорости его заиления (решение геоэкологических проблем); – уменьшение затрат на поддержание судовой обстановки (решение экономических проблем); – создание хранилищ природного материала, который можно использовать как для защиты локальных объектов от абразионного разрушения, так и для различных нужд местного населения.

И.И. Никольская, С.Д. Прохорова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ЭРОЗИОННОЙ СЕТИ ЕТР*

Особенности рельефа земной поверхности необходимо учитывать при решении различных промышленно-хозяйственных задач. Важнейшие сведения для оценки рельефа представляют карты, отображающие количественные характеристики его горизонтального расчленения.

Общее представление о горизонтальной расчленённости территории даёт суммарная протяжённость всех линейных эрозионных форм: рек,

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00385) и Гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ», проект НШ-79.2012.5.

суходолов, балок, лощин и оврагов. Карта «Структура эрозионной сети» (по показателю густоты расчленения) в масштабе 1:2 500 000, составленная на территорию ЕЧ России по новой оригинальной методике, впервые даёт количественную оценку суммарной густоты эрозионной сети и характеризует долю густоты отдельных её звеньев (в процентах от суммарного значения).

При создании этой карты были использованы следующие материалы: карта оценки эрозионной опасности рельефа (Институт географии РАН), карты густоты речной сети А.П. Доманицкого и густоты овражного расчленения Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева.

Создание карты состояло из нескольких этапов, в результате которых были получены данные о суммарной густоте эрозионного расчленения территории Европейской России реками, балками, суходолами и оврагами, что отразилось в семи градациях карты: 1) 0,1-0,2; 2) 0,21-0,4; 3) 0,41-0,6; 4) 0,61-0,9; 5) 0,91-1,5; 6) 1,51-2,5; 7) 2,51-3,5 км/км². Далее в каждом полученном контуре определялась доля густоты речной сети в общем расчленении территории. Она представлена в 4х градациях, %: I) ≤ 20; II) 21-50; III) 51-70; IV) 71-100. В каждом контуре суммарной густоты эрозионной сети рассчитывалось процентное соотношение овражной и балочно-суходольной сети. В результате выполненных расчётов определён диапазон возможных сочетаний всех эрозионных форм (табл.).

Таблица. Сочетания элементов эрозионной сети, %

Реки	51-70, 71-100	21-50, 51-70		≤ 20, 21-50, 51-70, 71-100		≤ 20, 21-50		21-50
Балки и суходолы	≤ 20	≤ 20	≤ 20	21-50	21-50	21-50	51-70	51-70
Овраги	≤ 20	21-50	51-70	≤ 20	21-50	51-70	≤ 20	21-50

В результате анализа карты было выявлено, что показатель суммарной густоты эрозионной сети, характеризующий расчлененность рельефа ЕТР, варьирует от 0,2 до 3,5 км/км². По этому показателю на карте выделяются несколько районов.

Северный район простирается широкой полосой с запада на восток. Его южная граница проходит севернее Смоленско-Московской возвышенности, далее по левобережью Волги на восток до Северных Увалов и предгорий Урала. Здесь выделяются две области с максимальными показателями густоты. Это Кольский полуостров – район мелкогогорий и равнин с показателями густоты от 0,9 до 2,5 км/км², величина которых формируется в основном за счёт балочной и речной эрозии. Максимальные показатели расчленения (от 0,9 до 3,5 км/км²) отмечаются на северо-востоке территории: в районе Большеземельской тундры, Малоземельской тундры, Тиманском кряже и междуречье Сев. Двины и Мезени. В суммарном показателе густоты в равной степени участвует речная и балочно-суходольная сеть. Для остальной части территории севера ЕТР диапазон показателей изменяется от 0,2 до 1,5 км/км². В более возвышенных районах отмечена густота до 1,5 км/км² в основном за счёт балочной и речной эрозии. Для низменных участ-

ков (в долинах рек и в приозерье) она не превышает величины $0,4 \text{ км/км}^2$, которая формируется за счёт русловой эрозии.

В центральном районе ЕТР суммарный показатель густоты эрозионной сети изменяется от $0,9$ до $2,5 \text{ км/км}^2$. На отдельных небольших участках отмечаются как максимальные значения до $3,5 \text{ км/км}^2$, так и минимальные – до $0,6 \text{ км/км}^2$. Ареалы с показателем густоты $0,9$ – $1,5 \text{ км/км}^2$ и $1,5$ – $2,5 \text{ км/км}^2$ примерно равны по площади и приурочены к возвышенностям: Среднерусской, Приволжской, Ставропольской, Калачской и Высокому Заволжью. Для равнинных территорий (Окско-Донская равнина. Мещёрская низменность, междуречье Суры и Свияги, правобережье р. Самары и др.) характерны показатели густоты от $0,2$ до $0,9 \text{ км/км}^2$. Здесь преобладающую роль играет овражно-балочный рельеф. Максимальные показатели ($3,5 \text{ км/км}^2$) приурочены к отдельным участкам возвышенностей: Смоленско-Московской, Приволжской, Донской гряде, междуречью рр. Урала и Илека, и др. Обширные территории Общих Сыртов и Бугульмино-Белебеевской возвышенности характеризуются преимущественно показателями $0,9$ – $1,5 \text{ км/км}^2$. Здесь преобладает балочный рельеф.

Район, расположенный в южной части ЕТР, включающий Прикаспийскую и Прикубанскую низменности, низовья Дона и Кумано-Манычскую впадину, отличается небольшими показателями суммарной густоты эрозионного расчленения (до $0,5 \text{ км/км}^2$). В районе Прикаспийской и Прикубанской низменностей отмечены минимальные показатели до $0,2 \text{ км/км}^2$, которые определяются протяжённостью речной сети.

Таким образом, составленная в НИ лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева карта «Структура эрозионной сети на ЕТР» даёт общее представление о характере распределения горизонтальной расчленённости рельефа и информацию о внутреннем строении (структуре) суммарного показателя густоты эрозионной сети в любом районе. Кроме того, можно оценить густоту эрозионной сети и структуру для всех геоморфологических районов ЕТР.

Л.В. Персикова, М.М. Мордвинцев

ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВУ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ НАНОСОХРАНИЛИЩ С ШАНДОРНЫМ ПЕРЕКРЫТИЕМ

Наносохранилища, как небольшие пруды с кратковременным наполнением в процессе притока талых и ливневых вод, предназначены для трансформации стока с целью осаждения фракций наносов крупнее расчётной.

Наносохранилища оказывают регулирующее воздействие на сток оврага или балки. При увеличении расхода воды, а, следовательно, и твёрдого стока, водосбросное сооружение своей пропускной способностью регулирует величину подпора, необходимого для осаждения наносов крупнее

расчетного диаметра. Так как пик твёрдого расхода проходит несколько раньше максимального расхода воды, то именно на этот момент и необходим максимально возможный напор на плотине. Это налагает определённые требования к конструкциям сбросных сооружений наносохранилищ.

Водосбросные сооружения наносохранилищ должны обеспечивать: во-первых – при изменчивости расхода притока воды соответствующую этому расходу величину подпора уровня, необходимую для осаждения наносов, во-вторых – обеспечить пропуск максимальных расходов заданной вероятности превышения без перелива воды через гребень плотины. Если выполнение второго требования имеет вполне конкретное техническое решение (пропуск обеспечивается соответствующими размерами сооружения), то для выполнения первого требования необходимо нетрадиционное исполнение входного оголовка с гидравлическим обоснованием его конструкции.

Водосброс автоматического действия состоит из приёмного железобетонного лотка П-образной формы, размещённого на напорной грани земляной плотины. Лоток перекрыт шандорами, установленными с зазорами, предназначен для пропуска воды в лоток. Лоток расположен на водоприёмном колодце наклонно к горизонтали для обеспечения установки и надёжного удержания на нём шандор. Приёмный колодец имеет фильтрационные отверстия и сопряжён с водосбросной трубой. Колодец расположен ниже уровня дна оврага и обсыпан фильтрующим материалом (например, щебнем и т.п.). В зависимости от расчётных расходов воды в овраге может быть установлено несколько «ниток» лотков и водоотводных труб.

Для повышения эффективности осаждения наносов в наносохранилищах в автоматическом режиме предложена усовершенствованная конструкция устройства водосбросного сооружения, новизна которой подтверждена патентом.

Для выполнения условий осаждения фракций наносов крупнее расчётных при любых расходах притока воды зазоры между шандорами в перекрытии необходимо увеличивать по высоте от дна сооружения до поверхности воды по зависимости:

$$\frac{\delta}{S} = (0,0018 \cdot K_{\delta} - 0,0038) \cdot \left(\frac{h}{b_c} \right)^{0,59}, \text{ м}, \quad (1)$$

где δ – величина зазоров между шандорами, м; S – вертикальный размер шандоры в перекрытии, м; h – глубина воды перед шандорным перекрытием, м.

$$h = \left(\frac{U_p}{q} \cdot K_{\delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, \text{ м}, \quad (2)$$

где U_p – расчётная гидравлическая крупность наносов, м/с; q – удельный расход сооружения, м²/с; K_{δ} – коэффициент формы балки; $\alpha = 2$ – показатель степени.

Зависимость (1) является полуэмпирической формулой, полученной путем аппроксимации результатов численного эксперимента и показатель степени при $h^{0,59}$ свидетельствует о степени влияния глубины воды перед шандорным перекрытием на величину зазора δ .

Для определения величины зазоров по зависимости (1) вводятся ограничивающие факторы, характерные для морфологии балок и оврагов – $K_{\delta} = 250 \div 500$; $q = 0,5 \div 0,6$ м²/с; $\mu = 0,25 \div 0,35$ – коэффициент расхода шандорного перекрытия; $b_c = 5,0$ м – ширина наносохранилища, м.

При эксплуатации наносохранилища требуют периодической очистки, которая зависит от морфологии оврага (балки) и количества поступающего твёрдого стока. В межочистный период сооружения допускают поэтапное увеличение подпора наращиванием шандор, при проявлении признаков выноса из балок наносов крупнее расчётной фракции.

Отводящую трубу водосбросного сооружения лучше проектировать в безнапорном режиме, что легко достигается укладкой трубы с уклоном $J > J_{кр}$ или растеканием потока на выходе из трубы.

Работает водосброс автоматического действия следующим образом: во время ливня или интенсивного таяния снега смесь воды с наносами в виде песка и крупных фракций, продвигаясь по дну оврага, встречает на своём пути плотину, выполняющую роль подпора для снижения скорости продвижения потока и тем самым осаждения наносов. Величина подпора регулируется пропускной способностью за счёт величины зазоров между шандорами и размерами: лотка, водоприёмного колодца и водоотводной трубы. Сооружение своей пропускной способностью должно автоматически управлять подпором уровня, не допуская переполнения наносохранилища и полностью отводить воду после осаждения наносов. При этом наносы, содержащие крупные фракции, будут осаждаться на дне оврага, а вода будет проходить в зазоры между шандорами и через верхний шандор, стекая по лотку в водоприёмный колодец, а затем из колодца в водоотводящую трубу. В этом случае за счёт зазоров, определённых соотношением (1) обеспечивается оптимальный режим осаждения наносов расчётных фракций. При прекращении поступления воды в виде ливня или обильного таяния снега она полностью стекает из наносохранилища.

А.И. Петелько

*Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция имени
А.С. Козменко ВНИАЛМИ*

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ТАЛЫХ ВОД

Водная эрозия почв на склонах является сложным процессом, которая возникает в результате взаимодействия природных и антропогенных факторов.

Научные исследования с применением балансового метода позволили получить экспериментальный материал. Процессы впитывания воды с по-

верхности почвы подробно рассмотрены в работах А.А. Роде, Э. Чайлдса, Г.П. Сурмача и др. Водопроницаемость является свойством, определяющим скорость впитывания и просачивания в неё воды. Опыты показывают, что на чернозёмах инфильтрационная способность выше по сравнению с каштановыми и серыми лесными почвами, а серые лесные почвы более водопроницаемы, чем дерново-подзолистые. Почвы, в различной степени смытые, отличаются большой объёмной массой, повышенной плотностью и пониженной водопроницаемостью, чем несмытые. В рыхлом состоянии они обладают лучшей инфильтрационной способностью по сравнению с уплотнёнными. На степной целине и в лесу вода просачивается с большей скоростью, чем на пастбищах и пашне, особенно на старопашотных участках. Почвы легкого механического состава – песчаные и супесчаные – в тёплое время, как правило, отличаются лучшей водопроницаемостью, чем суглинистые и глинистые.

На впитывание воды в почву склонов в реальных условиях оказывают сильное влияние различные факторы, которые обуславливают большее или меньшее затопление поверхности. Это может быть устойчивый нано- и микро-рельеф поверхности, более или менее густой травостой, различная мульча, интенсивность осадков и т. д., а в период снеготаяния – снежный покров.

Просачивание тёплых вод зависит, с одной стороны, от активной пористости почвы, определяющей её максимальную водопроницаемость (в тёплое время), а с другой – от промерзания почвы и степени закупорки ледяными пробками водопроводящих пор. Н.А. Качинский, например, исследовал и обстоятельно описал процессы замерзания и оттаивания почвы и условия просачивания в неё талых вод на различных сельскохозяйственных угодьях лесной зоны. Им охарактеризована связь глубины промерзания с мощностью снежного покрова и с совокупным влиянием других факторов. Он различает два типа оттаивания почвы: “первый тип, когда почва целиком размрзается снизу ещё до схода снега за счёт тепла глубинных горизонтов”; при втором типе “размерзание почвы идёт в двух направлениях: снизу за счёт тепла глубинных горизонтов и сверху после схода снега, за счёт солнечного тепла”. Просачивание талых вод в почву связано со степенью влажности мёрзлой почвы и заполнением почвенных пор и ходов льдом, то есть льдистостью почвы, что подтверждено последующими исследованиями.

На Новосильской опытной станции изучалось распределение снега и его мелиоративная роль. Установлено большое отепляющее влияние снежного покрова, защищающего почву от глубокого промерзания. Выявлено благоприятное влияние различных противоветровых защит на ослабление промерзания почвы. Г.Д. Рихтер пришёл к выводу, что “слой рыхлого снега в 30-40 см представляет собой теплоизоляционную прослойку, весьма замедляющую теплообмен почвы и воздуха. С момента накопления слоя снега такой мощности тепловой режим почвы оказывается практически независимым от атмосферы” (9).

И.А. Кузник (10) даёт следующую зависимость глубины промерзания h от высоты покрова H :

$$h = (0,84 - 0,016 H) \sum t^{0,74},$$

где $\sum t$ – сумма средних суточных отрицательных температур воздуха. По его наблюдениям, промерзание почвы полностью прекращается при высоте снега 45-50 см.

С.И. Харченко, анализируя факторы, определяющие поглощение талых вод и формирование стока на малых водосборах р. Сал и других рек юга, подчёркивает зависимость стока от дефицита влажности метрового слоя почвы, глубины промерзания и льдистости почвы.

Г.П. Сурмачем установлено, что при замерзании сильновлажной почвы происходит капиллярное передвижение воды к поверхности замерзания (граница твёрдой и жидкой фаз) вследствие её постоянного стремления образовывать на замёрзшей поверхности плёнку и изъятия последней как жидкой фазы. Это ведёт к быстрому накоплению льда в порах и полосах, сопровождающемуся потерей (вспучиванию) мёрзлой почвы и резкому уменьшению её объёмной массы. При резких колебаниях температур днём и ночью, например, весной, влажность замерзающего слоя почвы может повышаться за одну ночь на 15-20%.

Насыщение влагой верхнего мёрзлого слоя происходит также во время оттепелей, причём более интенсивно на уплотнённой пашне, нередко с образованием поверхностной ледяной корки. В рыхлосложенной нераспылённой почве, например в случае глубокой вспашки под зябь, даже при высокой её льдистости значительная часть порового пространства остаётся открытой, что определяет довольно интенсивное впитывание талых вод и уменьшение стока.

Е.А. Гаршинёв и А.Т. Барабанов построили карты среднего весеннего стока с зяби и уплотнённой пашни для лесостепных и степных районов европейской части РФ, Украины и Белоруси. Анализ данных по стоку свидетельствует о том, что средние его величины при движении от серых лесных почв до североприазовских чёрнозёмов снижаются. На уплотнённой пашне темпы снижения примерно одинаковые, на зяби в пределах ЦЧО они несколько выше, чем в Поволжье и на Северном Кавказе. Используя разработанные карты поверхностного стока с зяби и уплотнённой пашни, можно получить средний сток и разной вероятности превышения при расчётах расстояний между лесополосами.

На основе учёта поверхностного стока, смыва почвы и оценки различных противоэрозионных приёмов можно построить правильную почвозащитную, агроландшафтную систему земледелия. Для успешной борьбы с эрозией почв необходимо зарегулировать сток, а для этого требуется длительное его изучение на смешанных водосборах площадью от 50 до 500 га с серыми суглинистыми почвами. Показатели стока составляли в среднем 70-80 мм при максимуме 100 мм. Коэффициент стока колебался от 0,70 до 0,93, а средняя его величина составила 0,85. Максимальный модуль стока достигал 11 л/с с 1 га, а средний – 5 л/с. Максимальный суточный объём равнялся в среднем 200 м³/га и имел колебания от 150 до 900 м³/га. Эти данные характеризуют сток в целом с водосборов.

С 1959 года и по настоящее время на станции изучается сток на стоковых площадках на различных вариантах зяблевой вспашки и с уплотнённой

пашни (озимые, многолетние травы, стерня и другие). В рассматриваемом 11-летнем периоде за 1959-1969 годы на зяблевой пахоте в 6 вёсен формировался весьма сильный и сильный сток, 1 весну – умеренный, 1 весну слабый и 3 весны сток был очень слабый или его совсем не было. Сток с уплотнённых видов пашни был 7 вёсен сильный и очень сильный, 2 весны – умеренный и 2 весны слабый и очень слабый. Средняя за этот период величина стока с обычной зяби – 50,2 мм, коэффициент стока 0,458, а с уплотнённой пашни около 66,4 мм, коэффициент стока 0,642. Отношение коэффициентов стока с уплотнённой пашни и с зяби, примерно, составил 1,4, то есть сток с уплотнённых видов пашни в 1,3-1,4 раза больше по сравнению с зяблевой вспашкой (14).

Е.А. Гаршинёв изучал водопоглотительную способность лесной ленты с канавой на серой лесной почве. Снегораспределительные полосы находились на расстоянии 200-210 м. Объём канавы около 35 м³. Водопоглощающее действие канавы оказалось настолько значительным, что она удовлетворительно справилась бы со своей задачей и при удвоенной величине стока. Если основная масса воды прошла за 12 суток, то можно подсчитать величину среднесуточного водопоглощения и скорость просачивания воды в канаве: эта величина равняется 455 мм, а скорость просачивания 0,316 мм/мин. Приведённая скорость просачивания получена в условиях среднесуглинистой почвы, развивающейся на среднем и тяжёлом лёссовидном суглинке.

Необходимо подчеркнуть, что лесная лента не является хорошей защитой от промерзания почвы в канаве, поэтому в очень холодные зимы в подобных условиях промерзание возможно. При устройстве канавы в настоящей лесной полосе промерзание почвы в ней будет наблюдаться лишь в очень редких случаях. Таким образом, сочетанием водопоглощающего насаждения с канавой на серых лесных почвах лесостепи можно резко сократить поверхностный сток, смыв и размыв почвы.

По материалам И.С. Кочетова, в среднем за годы исследований наиболее интенсивно эрозионные процессы происходили на склоне крутизной 8°. Поверхностный сток талых вод и смыв почвы в этом случае был в 2,3 и 1,8 раза естественно выше; аналогичные показатели были и на склоне крутизной 4°. Щелевание зяби, проведённое при устойчивом промерзании почвы на 3-5 см на вспашке и поверхностной обработке, было более эффективным: сток талых вод уменьшился в 1,1-1,4 раза, а смыв почвы в 1,2 раза по сравнению с другими обработками.

Исследования Г. П. Сурмача показали, что водопоглощающая роль стокорегулирующих лесных полос сильно увеличивается при обваловании их по нижнему краю и прерывистом бороздовании междурядий. Противоэрозионное действие обвалованной лесополосы увеличивается в 3-4 раза по сравнению с необвалованной, особенно когда она расположена поперёк склона с ложбинами. А.С. Козменко на Новосильской станции установил, что прибалочная лесная полоса совместно с 30-метровой полосой залужения задерживала 1959-1962 гг. от 179 до 289 мм воды. Задачи противоэрозион-

ной мелиорации – сократить сток и создать благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.

В 1959-1961 годы В.Н. Дьяковым впервые на станции было начато изучение стока талых вод на различных агрофонах (зябь, озимые, стерня), а также стокорегулирующей и противозерозионной эффективности глубины и направления зяблевой обработки, гребнистой вспашки и боронования зяби. Они выявили положительную роль в сокращении стока глубокой зяблевой вспашки, незначительные преимущества поперечной вспашки перед продольной, увеличение стока на стерне озимых и заборонованной зяби, а также небольшие сокращения стока при гребнистой зяблевой вспашке. В 1962-1966 годах В. Л. Суховым и Л. Я. Королёвой эти исследования были продолжены. Они, в основном, подтвердили результаты, полученные в предыдущем периоде. В период с 1967 по 1975 годы М.М. Ломакин (1969-1971 гг.), Е.Я. Тубольцев (1971-1975 гг.) и А. Т. Барабанов изучали эффективность агротехнических мероприятий в комплексе с защитными лесными насаждениями.

Двадцатилетние наблюдения станции позволяют сделать вывод, что среднемноголетний сток талых вод на зяби составляет 36 мм при коэффициенте стока 0,35, а в отдельные годы он может достигать 146 мм (1967 год). На уплотнённой пашне (на посевах озимых, многолетних трав) эти показатели равны, соответственно, 45 мм и 0,45; максимальный сток отмечен в 1967 году – 133 мм. За последние двадцать лет он отсутствовал только один раз (1975 год), девять всёен был очень слабым, слабым, умеренным, а остальные десять, несмотря на некоторое улучшение агротехники, – от сильного до чрезмерно сильного.

Разработка научных основ задержания и регулирования стока на сельскохозяйственных угодьях и защиты почв от эрозии имеет большое значение для земледелия. Нужно правильно ориентировать производство по этим вопросам, и определить, в каких районах и на каких видах пашни, какими методами и способами, приёмами возможно задержать весенний сток.

С.И. Пряхин

Волгоградский государственный социально-педагогический университет

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЧНОЙ СЕТИ ЖИРНОВСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РАЙОНА ВОЛГОГРАДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

По территории района протекает 20 рек различной величины, которые являются притоками разного порядка р. Медведицы и относятся к бассейну Азовского моря. Вся территория района дренируется Доном и относится к Хоперско-Иловлинско-Донскому гидрологическому району. Общая протяжённость протекающих по территории рек составляет 432 км, четыре из которых (Медведица, Терса, Карамыш, Щелкан) имеют протяжённость более 50 км, их суммарная длина в пределах района – 223 км. Густота реч-

ной сети – 0,14 км/км². Распределение речной сети обусловлено особенностями геологического строения и рельефа. В плане гидрографической сети отмечаются некоторые закономерности. Так, долина р. Медведицы, имеющая общее почти южное меридиональное направление, у р.п. Красный Яр делает крутой поворот на юго-запад. Считается, что это связано с зонами глубинных разломов, а места резких изменений направления речных долин и коренные излучины соответствуют зонам пересечения глубинных разломов, выходам прочных пород на поверхности.

Вся территория района прорезается долиной р. Медведицы с хорошо выраженной поймой и её притоками. Большинство из них весной бурно разливаются, летом пересыхают, образуя ряд мелких плёсов. Временно пересыхающие реки Бурлук и Добринка местами остаются глубокими до 5-8 м. Большинство рек района – малые реки, протекающие в одной природной зоне, с резко колеблющимся стоком, имеющие площадь водосбора менее 1-2 тыс. км², и обычно протяжённостью менее 100 км. Сток реки может резко отличаться от зональной его величины вследствие воздействия на него внешних и местных факторов. Руководствуясь этими критериями, приводим морфометрическую характеристику рек, протекающих по территории Жирновского района (табл.).

Таблица. Морфометрические характеристики рек Жирновского района

№ п/п	Река	Площадь бассейна, км ²	Протяжённость реки, км		Ресурсы речных вод (p=95%)	
			общая	в пределах района	годовой сток, км ³ /год	средний годовой расход, м ³ /с
1.	Медведица	34700	745	80	0,78	24,7
2.	Терса	8810	249	35	0,12	3,69
3.	Щелкан	1410	122	15	0,003	0,091
4.	Журавка	84,8	10	10	0,0007	0,022
5.	Кленовый приток	185	13	13	0,0018	0,056
6.	Карамыш	3380	147	21	0,05	1,61
7.	Макаровка	67	11	11	0,0028	0,09
8.	Бурлук	998	72	72	0,01	0,303
9.	Голиков	95	11	11	0,0005	0,015
10.	Отнога-Тарасовка	138	11	11	0,0007	0,023
11.	Добринка	166	36	36	0,0012	0,038
12.	Тетеревятка	146	18	18	0,0007	0,024
13.	Подвислая	53	15	15	0,0003	0,012
14.	Шапочная	36	17	17	0,0004	0,014
15.	Перевозинка	239	28	28	0,0021	0,066
16.	Большая Копёнка	204	27	12	0,0025	0,08
17.	Та-Речка	22	9	9	0,0024	0,07
18.	Ломовка	141	17	17	0,0012	0,021
19.	Мокрая Песковатка	104	14	8	0,0011	0,036
20.	Вязовка	551	63	5	0,007	0,207

Все реки текут по хорошо разработанным долинам, имеющим асимметричное строение. Правые берега, как правило, крутые, местами об-

рывистые. Левые – пологие, заняты пойменными и надпойменными террасами. Уклоны рек небольшие, что обусловило большую извилистость русел и медленное течение, скорость которых может изменяться от нескольких сантиметров на плёсах до метра на перекатах. Многие реки имеют хорошо выраженные поймы шириной 5-10 м и даже 800 м (р. Медведица, Терса, Щелкан), занятые лугами и пойменными лесами.

В тесной связи с изменением стока находятся уровни рек и их расходы. На весенний период приходится самый высокий уровень, летом он падает, наступает летняя межень, многие реки сильно мелеют и теряют сплошной водоток, разбиваясь на отдельные плёсы. Осенью уровень воды повышается. Наибольший расход рек весной в связи с таянием снега.

Главная река района *Медведица* – левый приток Дона, берёт начало на юго-восточных склонах Приволжской возвышенности, на высоте 300 м у с. Баринovo Саратовской области от слияния двух речек – Большой и Малой Медведицы. Долина реки сформировалась в сложных тектонических условиях, поэтому породы, слагающие долину, и строение её различны. В районе г. Жирновска, где река пересекает свод Жирновско-Бахметьевской антиклинали, долина узкая. Ширина её составляет 500 м. Склоны сложены известняками карбона, глинами, песками и песчаниками юры и мела. Ниже по течению долина расширяется, достигая ширины 5-8 км вблизи р.п. Красный Яр. Пойма и терраса реки сложены песками, суглинками и глинами плейстоцена и голоцена. Долина имеет асимметричное строение и осложнена террасами и поймой – до р.п. Красный Яр правый берег крутой, обрывистый. Русло реки сильно меандрирует на большом протяжении. В некоторых местах отмечается бифуркация русла и образование островов. Ширина русла колеблется от 40 до 200 м. Глубина русла на перекатах – от 0,4-0,8 м до 2-4 м на плёсах. Наибольшая глубина – 6 м. Скорость течения – от 0,1-0,2 м/с на плёсах до 0,75-1 м/с на перекатах. В период половодья уровень воды в реке поднимается до 4-5 м. Дно реки песчаное, местами щебенчатое и глинистое, сильно деформируется, местами заилено. Берега русла высотой 2-6 м, преимущественно крутые, с отчётливой бровкой, но встречаются и пологие, сложенные песками и супесями. Годовой ход уровня характеризуется высоким подъёмом в период весеннего половодья и низкой устойчивой меженью. Пик половодья происходит обычно во второй декаде апреля. Средняя высота пика 4,0-5,0 м, наивысшая отметка уровня воды 7,4 м над средним меженным наблюдалась в апреле 1994 и 2003 гг. Низкая межень – в июле-августе. Зимние уровни выше летних на 10-30 см.

Таким образом, речная сеть рассматриваемой территории представлена главной рекой Медведицей, и всеми впадающими в неё притоками, как правило, 1-го порядка. Реки района можно типизировать: по размерам площади бассейна это малые реки (кроме Медведицы, Терсы и Карамыша); по условиям протекания – равнинные; по видам питания – с преобладанием снегового; по водному режиму – с весенним половодьем. Малые реки района относятся к типу перемерзающих и пересыхающих. Так, в зимний период на отдельных мелководных участках русла (перекатах) образуются ледя-

ные перемычки, а в засушливый период некоторые малые реки временно пересыхают, когда из-за отсутствия дождей поверхностное питание прекращается, а подземное (грунтовое) истощается.

И.И. Рысин, Л.Н. Петухова

Удмуртский государственный университет

МНОГОЛЕТНИЕ ДЕФОРМАЦИИ РУСЕЛ РЕК УДМУРТИИ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

На территории Удмуртской Республики (УР) организация системы наблюдений за русловыми процессами была начата в 1999 г. В основе создания наблюдательной сети лежало стремление наиболее полно охватить различные ландшафты республики, а также проследить развитие боковой эрозии на участках, где она наиболее активна и создаёт опасность для хозяйственной деятельности. В ходе исследований на территории республики было выделено 55 ключевых участков, охватывающих реки разного порядка. Полевые работы на изучаемых реках проводятся ежегодно в летний период, а в отдельные годы дважды – весной (после половодья) и осенью (после летне-осенних паводков). Главная задача этих исследований – изучение скоростей бокового смещения русел и определение отдельных морфометрических характеристик. Для этого на активно размываемых участках рек было заложено около 300 реперов и марок, на 29 участках проводится ежегодная тахеометрическая съемка.

Для выбора ключевых участков в камеральный этап проводилось изучение морфометрических и морфологических характеристик речной сети УР. Были проанализированы топографические карты масштаба 1:25 000 и 1:50 000, на отдельные районы использовались аэрофототопопланы масштаба 1:10 000 разных лет съёмки.

В соответствии с морфодинамической классификацией Р.С. Чалова все реки республики были разбиты на отдельные участки с разными типами русел. Участки русел по степени меандрирования были разделены на 7 типов: от относительно прямолинейных ($K_{изв.} < 1,1$) до чрезвычайно извилистых ($K_{изв.} > 2,0$). Определялся также порядок реки, расчёт которого выполнялся по схеме А. Шайдеггера:

$$N = \log_2(P) + 1$$

где P – число притоков 1-го порядка (поток, длиной менее 10 км).

Развитие излучин до определённых пределов сопровождается активизацией русловых деформаций и увеличением скоростей смещения. Наибольшие скорости смещения характерны для широкопойменных русел. Скорости и масштабы развития горизонтальных русловых деформаций характеризовались показателем интенсивности и активности.

Под интенсивностью горизонтальных русловых деформаций понимается отношение суммарной протяжённости участков береговых размывов ко всей длине оцениваемого отрезка русла. Наибольшая доля размываемых

берегов характерна для рек южной части республики – левобережья р. Вятки и правобережья р. Камы. Показатель интенсивности здесь составляет в среднем 30-60%. Для р. Сивы на территории УР на всём протяжении характерны высокие подмываемые берега, величина интенсивности превышает 70%. Большой показатель доли размываемых берегов характерен для рек бассейна р. Чепцы, в особенности её левобережья: на реках Лоза, Ита, Убыть, Лекма, Сада для 40% длины берегов характерны размывы. С увеличением порядка реки доля размываемых берегов также увеличивается. Наоборот, малые реки, или верховья больших и средних рек, находящиеся в залесённой местности, характеризуются минимальными значениями интенсивности. Для залесённого бассейна р. Кильмезь величина интенсивности в среднем составляет 12%, а для верховьев рек Вятки и Камы этот показатель ещё меньше – 3-4%.

Активность горизонтальных русловых деформаций характеризуется скоростью плановых смещений русла. Анализ полученных за двенадцать лет (2000-2011 гг.) полевых данных свидетельствует о большом диапазоне скоростей бокового размыва. По данным полевых наблюдений наибольшие скорости размыва характерны для рек с порядком выше 9-го. Максимальные значения размыва, наблюдаемые здесь, достигают 10-15 м и более, среднегодовые скорости размыва колеблются в интервале 1,2-3,0 м/год (на р. Вятке среднегодовые скорости размыва превышают 3-5 м/год, максимальные из зафиксированных значений составляют 15-25 м/год). Интенсивно проявляется боковая эрозия на р. Чепца: среднегодовые скорости размыва здесь изменяются от 0,5-1,2 м/год в верховьях до 1,5-2,0 м/год в среднем течении. Для малых рек 6-9 порядков средние скорости отступления берегов обычно равные 0,4-0,7 м/год, максимальные – 2-3 м. В этой группе следует выделить такие реки как Кильмезь, Вала, Ува, Нылга, Иж, Кырыкмас. Для самых малых рек с порядком ниже 6-го значения средних скоростей размыва ниже – 0,1-0,3 м/год, хотя в отдельных точках наблюдалось смещение берега на 1 м и более.

Летом 2000 г. на реках были зафиксированы высокие скорости размыва берегов; средняя по республике скорость бокового размыва составила 0,54 м/год. В дальнейшем, до 2004 г. – практически на всех ключевых участках наблюдалась тенденция снижения активности русловых деформаций. Особенно низкие скорости размыва были зафиксированы в 2004 г.: даже на реках с порядком выше 9-го (за исключением р. Вятка) среднегодовые скорости размыва не превышали 0,3 м/год; на многих малых реках берега оставались практически стабильными. Ситуация изменяется в 2005 г., когда скорости бокового смещения русел резко возрастают. На р. Вятке наблюдаются рекордные за 5 лет деформации – образуется новое оползневое тело шириной более 25 м, а размывы берегов достигают в отдельных точках 15 м. На ключевых участках Яр и Дизьмино (р. Чепца) максимальные размывы составили 7,1 и 4,7 м/год соответственно. В последующие годы интенсивность размыва берегов на большинстве рек несколько снижается. Значительные размывы на р. Чепце были отмечены в 2006 г. на ключевом участке Каменное Заделье (4,8 м/год), в 2008 г. у с. Адам (3,5 м/год) и в 2010 г. у д. Дизьмино (4 м/год).

Одним из ведущих факторов регулирования гидравлических характеристик потока во времени является величина расхода воды, которая зависит от водности рассматриваемого периода. Тенденция увеличения среднегодовых расходов отчётливо проявляется на реках Чепца, Вала, Лумпун, Лоза, Нылга, Позимь и других, что связано с климатическими изменениями. Более существенный рост среднегодовых расходов отмечается с 1978-79 гг. Наряду со среднегодовыми расходами на большинстве рек отмечается, соответственно, и возрастание половодного стока.

В Удмуртии в результате возрастания годового стока было зафиксировано увеличение скорости плановых смещений русла р. Чепцы с 1,02 м/год (1934-1987 гг.) до 1,95 м/год (2001-2005 гг.). Анализ морфологических изменений свободных и адаптированных излучин на ряде рек бассейна Чепцы показал, что на аэрофотоматериалах 1990-х гг. по сравнению с ситуацией 1933-1934 гг. отсутствуют некоторые из ранее существовавших излучин более низкого порядка. Для ряда рек, характеризующихся развитием петлеобразных и других сложных излучин, последние годы были отмечены участившимися случаями спрямления излучин, происходившими в результате прорыва шейки. Массовые проявления этого процесса были зафиксированы на реках Чепца, Кильмезь, Вала, Сепыч, Сива и других. Таким образом, в результате возрастания руслоформирующих расходов, обусловленных климатическими изменениями, на реках УР отмечается процесс активного перестроения пойменно-русловых систем.

Т.М. Савцова

Московский педагогический государственный университет

РУСЛОВЕДИЕ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗАХ И ШКОЛАХ

Русловедение – отрасль знаний, изучающая условия и процессы формирования речных русел и разрабатывающая приёмы и методы их регулирования. Термин «русловедение» предложил в конце XX в. Р.С. Чалов, однако, сама наука как учение о русловых процессах зародилась гораздо раньше – ещё в XIX в. появились труды, в которых приводились сведения о строении речного русла, о законах его развития.

Объект русловедения – речные русла и процессы, протекающие в них (русловые процессы). Р.С. Чалов пишет: «Русловые процессы представляют собой совокупность явлений, связанных с взаимодействием потока и грунтов, слагающих ложе реки, эрозией, транспортом и аккумуляцией наносов, определяющих размывы (намывы) дна и берегов рек, развитие различных форм русел и форм руслового рельефа, режим их сезонных, многолетних и вековых изменений».

По мере развития и становления науки внутри русловедения намечилось разделение на отдельные направления или ветви. По *охвату территории* выделяются общее, региональное и локальное русловедение. Во вто-

рую группу *по объекту исследования* отнесены горное, равнинное, устьевое русловедение, поймоведение. Историческое русловедение и палеорусловедение выделяется в третью группу – *по времени проявления русловых деформаций*. Четвёртую группу можно объединить *по методам исследования*. В этой группе выделяется теоретическое, экспериментальное, инженерное и экологическое русловедение.

С нашей точки зрения четвертое направление следует дополнить педагогическим русловедением. Эта дисциплина ставит перед собой следующие задачи:

- изучение теоретических основ русловедения в вузах и школах;
- разработка программ школьных экскурсий и полевых практик по вопросам русловедения;
- наблюдение за русловыми процессами на географических и учебных стационарах;
- популяризация основ русловедения в вузах и школах.

Популяризация науки «русловедение» в вузах ведётся по нескольким направлениям – обсуждение вопросов русловедения на лекциях и семинарах, создание дисциплин по выбору с соответствующей тематикой, разработка программ и проведение полевых гидрологических практик, разработка экскурсий по водным объектам.

Чтение лекций. В школьных и университетских курсах по географическим дисциплинам неоправданно мало внимание уделяется эрозийным и русловым процессам. В курсе «Общее землеведение» в разделе «гидросфера» даются только общие сведения о реках, в разделе «Литосфера» кратко рассматриваются флювиальные процессы. При обсуждении этих вопросов можно уделить внимание теории русловедения, рассмотреть основные законы и закономерности развития потока и русла.

Организация дисциплин по выбору студента – спецкурсов и спецсеминаров это важный этап формирования представлений о русловедении. В МПГУ спецсеминар «Водная эрозия на Земле» занял достойное место среди других спецсеминаров и пользуется заслуженным интересом со стороны студентов. Студентам предлагаются вопросы для обсуждения, также приглашаются специалисты МГУ, которые на профессиональном уровне знакомят студентов с научными теориями и проблемами. На спецсеминарах успешно используются презентации, организуются обсуждения и самостоятельные доклады студентов.

Для расширения и углубления знаний о реках, для соединения теоретических и практических знаний служат тематические, ролевые игры. Разработка игр – творческая работа студентов, она ориентирует их на получение новых данных, приобретение навыков самостоятельной работы (чтобы составить игру надо поработать со справочниками, книгами, составить кроссворд или программу игры). Тематические игры по изучению рек может иметь несколько уровней. Целью самых простых игр является запоминание терминов и фактического материала. Второй уровень заставляет студентов рассчитать уровни и расходы рек, построить профили и планы рек.

Третий уровень предлагает составить прогноз развития русловых деформаций.

На полевых гидрологических практиках нами разработаны специальные маршруты с показом наиболее характерных форм эрозионного и руслового рельефа. При изучении рек основное внимание студентов педвузов следует уделять малым рекам, так как они, во-первых, наиболее распространены в гумидной зоне умеренных широт, а во-вторых, наиболее доступны для простых и наглядных исследований. В бассейнах малых рек интенсивно протекают эрозия почв и овражная эрозия, они первыми принимают экологический удар в виде заиления, загрязнения продуктами смыва. Кроме того, антропогенное воздействие и изменения в верхних звеньях сети сказываются на средних и даже крупных реках. На малых реках удобно проводить простейшие гидрологические работы – измерять глубины и расходы воды в реках, проводить поплавочные наблюдения, оценивать экологическую ситуацию.

Один из наиболее показательных маршрутов протекает в Измайловском лесопарке, в долине реки Серебрянки. Здесь, на территории царской усадьбы сохранились древние гидротехнические сооружения – кольцевой пруд, прокопанный вручную в середине XVII в., шлюзы, по которым вода реки Серебрянки поступала в пруд, Мостовая башня, к которой подходил каменный мост. Студенты знакомятся с сооружениями XVII в., разрабатывают школьную экскурсию.

Второй задачей является проведение гидрологических работ. Выбирается участок реки, на нём промеряются глубины, и составляется план реки в изобатах, затем измеряется скорость течения и вычисляется расход воды в реке; изучаются формы речного русла, проводится оценка экологического состояния.

Наблюдения на реке Серебрянке проводятся уже на протяжении 20 лет, поэтому можно говорить о географическом стационаре. Здесь студенты могут наблюдать изменение русла реки и его форм на протяжении длительного времени.

На географических стационарах проводятся долговременные тщательные наблюдения за динамикой географического объекта. Сатинский стационар в МГУ является примером сочетания серьёзных научных исследований и учебно-познавательной работы студентов. В МПГУ в Тарусе организован географический стационар, на котором проводятся практики, в т.ч. гидрологические, геоморфологические, метеорологические. Анализ материалов позволяет оценить воздействие человека на географические комплексы, определить степень и результаты антропогенного вмешательства на природные объекты.

На научных экскурсиях, разрабатываемых как для студентов, так и для школьников, особой популярностью и интересом пользуются вопросы проявления особенностей эрозионно-русловых процессов в крупном городе. В больших городах значительные площади непроницаемых искусственных покрытий приводят к увеличению ливневого и талого стока, их concentra-

ции без должного регулирования. Поэтому вдоль улиц, пешеходных дорожек ежегодно развиваются эрозионные борозды, часто приводящие к образованию оврагов. За последние годы в крупных городах в результате уплотнённой застройки участились наводнения в низинных местах и подтопление нижних этажей зданий, просадки, оползание и оплывание горных пород. Всё это можно показать и рассказать на гидрологической экскурсии. Необходимо тщательно выбрать места для показа наиболее ярких результатов воздействия экзогенных процессов, разработать маршрут.

В.А. Семёнов, А.Б. Занобед

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского

ОЦЕНКА КЛИМАТООБУСЛОВЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СТОКА МАЛЫХ РЕК БАСЕЙНА ВЕРХНЕЙ ОКИ И РОЛИ РОДНИКОВ В ЕГО ФОРМИРОВАНИИ*

На территории бассейна Верхней Оки малые реки длиной 56-100 км и очень малые водотоки (ручьи) длиной менее 10 км составляют более 40% от суммарной протяжённости всех рек. Изученность этих водотоков и их взаимосвязи очень мала. В данной работе приведены оценки климатообусловленных изменений стока малых рек и составляющих его формирования за первое десятилетие XXI в. по сравнению со второй половиной XX в. и сведения о роли родников в питании малых рек.

Исследования, проведённые национальным парком «Угра» на территории Калужской области, показали, что родниковая составляющая стока воды существенна для малых рек. Например, в бассейне Угры для её притоков р. Течи она составляет 2,4%, а р. Выссы – 7,1% . Для самой Угры эти показатели значительно меньше – от 0,02% в среднем течении реки до 0,2% в нижнем (с учётом притоков – от 0,08 до 0,37% соответственно). Для р. Жиздры вклад воды из родников в питание реки незначителен, что объясняется меньшей глубиной вреза русловой сети, большим количеством озёр, которые аккумулируют родниковый сток.

Малые реки рассматриваемой территории относятся к смешанному типу питания. Снеговое питание являлось преимущественным и на изученных малых реках Калужской части территории бассейна в конце XX в. составляло 50-70%, а за рассматриваемый период XXI в. – 41-46% (таблица).

Уменьшение снеговой составляющей годового стока на 10-20% компенсируется увеличением подземной составляющей на 5-15% и дождевой составляющей в 1,5-3 раза.

По материалам стационарных гидрологических наблюдений на трёх малых реках территории Калужской области были произведены оценки изменений среднего годового, максимального стока, наименьших расходов воды зимнего периода и периода открытого русла за период с 2000 по

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Калужской области (проект № 12-05-97506).

2009 гг. по сравнению со средними величинами наблюдений за 40-50 лет на этих реках до 2000 г.

Таблица. Средние величины доли составляющих годового стока (в % от годового) малых рек за 2000-2009 гг. (числитель) и за 1951-1999 гг. (знаменатель)

Река - пост	Площадь бассейна, км ²	Доля питания, %		
		подземного	снегового	дождевого
р.Жиздра – д.Дубровка	1900	$\frac{47}{42}$	$\frac{41}{53}$	$\frac{12}{5}$
р.Таруса - д.Похвиснево	872	$\frac{45}{32}$	$\frac{46}{65}$	$\frac{9}{3}$
р. Путьнка – д.Малахово	153	$\frac{44}{26}$	$\frac{46}{67}$	$\frac{10}{7}$

За период с 2000 по 2009 гг. по сравнению со второй половиной прошлого столетия средний годовой сток р. Жиздры в створе д. Дубровка увеличился на 9%, у самой малой из исследованных рек (Путынки) – на 19%, а сток р. Таруса не изменился.

Средний за 10 лет максимальный расход р. Тарусы тоже не изменился, а р. Путынки уменьшился на 34%. Наибольший максимальный расход на р. Тарусе наблюдался в 2005 г. и составил 140 м³/с; на р. Жиздре – в 2004 и 2006 гг. – 189 м³/с, на р. Путынке в 2004 г. – 22,5 м³/с.

Для наименьших расходов воды периода открытого русла характерно их увеличение. Так, для р. Тарусы оно составило 26%, а для р. Путынки – 67%. Наибольшие значения минимального стока на реках Таруса и Жиздра наблюдались в 2004 г. и составили 1,66 м³/с и 5,12 м³/с, на р. Путынке в 2005 г. – 0,14 м³/с. Наименьшие значения этого параметра были для р. Жиздры и р. Путынки в 2003 г. (4,28 м³/с и 0,060 м³/с соответственно), а для Тарусы минимальным был сток 2005 г. (0,74 м³/с).

Ещё большее увеличение минимального стока наблюдалось в зимний период. За первое десятилетие XXI в. наименьшие расходы возросли на 91% на р. Тарусе и в 30 раз увеличились на р. Путынке. За 10-летний период наибольшими значениями наименьшего расхода воды зимнего периода отличался 2007 г., когда на р. Тарусе он составил 2,62 м³/с, на р. Жиздре – 7,21 м³/с, а на р. Путынке – 2005 г. (19,0 м³/с). В 2003, 2006 и 2008 гг. зафиксированы минимальные зимние расходы воды: 0,62 м³/с – для р. Тарусы, 3,47 м³/с – для р. Жиздры и 0,080 м³/с – для р. Путынки.

Выводы. Результаты исследований свидетельствуют о том, что начавшиеся во второй половине XX в. существенные изменения соотношений составляющих годового стока малых рек, обусловившие увеличение доли подземного и дождевого питания в годовом стоке, сохранились и в начале XXI в. Эти изменения также свидетельствуют о том, что на малых реках сохраняется не высокая вероятность повторяемости опасных наводнений в период весеннего половодья и экстремальных маловодий в низкую межень, но повышается вероятность опасных дождевых паводков.

К ВОПРОСУ ГЕНЕЗИСА ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ УДМУРТИИ

Вопрос происхождения четвертичных песков неаллювиального генезиса в Волго-Уральской области рассматривался многократно геологами и геоморфологами нижегородской, саратовской, казанской и пермской школ, начиная с 1930-х гг. Различный научно-технологический уровень, степень детальности исследований, а также традиционность взглядов обусловили появление множества точек зрения на происхождение песков, выполняющих субширотные массивы значительной протяжённости (десятки и сотни километров) мощностью до 20 м. Эти пески широко используются в строительстве, металлургии и стекольной промышленности. Изменения, внесённые в Федеральный закон «О недрах», обязывают недропользователей производить опережающее геологическое изучение месторождений. Результаты авторских геологоразведочных и аналитических работ позволяют несколько изменить, уточнить традиционные представления о генезисе песчаных массивов.

На основании обработки результатов поисков песков советских времён, разведки последних лет и самостоятельных научных исследований существующие взгляды можно объединить в следующие группы: 1. зандры донских и днепровских флювиогляциальных потоков; 2. лимно-аллювиальные отложения; 3. перигляциальный делювий; 4. эоловые осадки; 5. флюидизатно-эксплозивные образования.

Первая точка зрения в настоящее время является официальной, отражаясь на государственных геологических картах масштабов 1:200000, 1:500000 и 1:1000000. Флювиогляциальный генезис песков установлен в ходе выполнения геологических съёмок нижегородскими геологами, хорошо знакомых с подобными образованиями в Поволжье.

Вторая точка зрения трактует пески как аллювий рек, подпруженных ледником, осадки каспийских ингрессий апшеронского века. Последняя версия принадлежит саратовским геологам, привыкшим распространять местные закономерности на обширную территорию.

Согласно третьей точке зрения, пески, залегающие на коренных и четвертичных породах склонов речных долин, могут считаться перигляциальными склоновыми осадками. Это мнение отражено в центральных изданиях научного и прикладного характера (нормативные документы). Однако делювиальные пески встречаются довольно редко и не могут создавать выдержанных массивов в условиях густой эрозийной сети.

Четвертая точка зрения в настоящее время пользуется наибольшим распространением в научной сфере Волго-Уральского региона. В ряде случаев она даже принимается геологами-практиками. Исчерпывающее, на первый взгляд, обоснование эолового генезиса дано казанскими геоморфологами.

Наконец, пятая точка зрения, высказанная пермскими геологами, определяет по ряду признаков данные отложения как песчаные флюидизиты – продукты деятельности магм на начальной стадии активизации флюидизатно-эксплозивной системы. Это ещё один случай проведения аналогии с образованиями сопредельных территорий, несмотря на иные особенности геологического строения.

Таким образом, не затрагивая новой альтернативной эндогенной версии, в целом генезис песчаных покровов Урало-Поволжья традиционно рассматривается как флювиальный на практике и эоловый в науке. По сути, по условиям формирования, оба объяснения являются взаимоисключающими. Строго говоря, флювиальные трактовки геологов опираются на экстраполяцию аналогичных образований сопредельных с Удмуртией площадей, а эоловая трактовка геоморфологов опирается на местные исследования морфологии песчаных массивов, минералогического и гранулометрического состава песков. С одной стороны, метод аналогий проигрывает по достоверности непосредственному изучению исходного материала, с другой стороны, палеогеографические обстановки в регионе были весьма схожими, что, естественно, связано с общим ходом развития Русской равнины в четвертичном периоде.

Как показали полевые (обследование карьеров, колонковое бурение) и камеральные (результаты зернового и минералогического анализов) работы автора, весьма подробное изучение песков казанскими геоморфологами и, соответственно, абсолютно достоверные результаты и выводы справедливы лишь для верхней части разреза песчаных массивов, причём незначительной мощности. Основная часть толщи складывается из песков, отличными от приповерхностных песков. Последние образуют достаточно однородную хорошо отсортированную толщу тонких и мелких песков, с высокой долей кварца, залегающих в виде изометричных холмов, дюн и с другими характерными эоловыми признаками. Подстилающие их четвертичные пески отличаются значительно худшей степенью гранулометрической и минералогической сортировки, высоким содержанием алевритовой и глинистой фракции, с ярко выраженной характерной флювиальной слоистостью (неправильная волнистая, диагональная, косая), указывающей на формирование, скорее всего, временными водотоками тающих ледников. Таким образом, разрез песчаных массивов выполнен как минимум двумя генерациями перигляциальных отложений – верхний горизонт песков относится к средне- и (или) верхнечетвертичным отложениям, возникшим в результате ветрового переотложения кровли подстилающих гляциофлювиальных образований нижнего и (или) среднего неоплейстоцена.

Следовательно, наиболее вероятным представляется гетерогенное происхождение песчаных массивов Вятско-Камского междуречья, по крайней мере, Вятского массива в средней части Удмуртии.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РУСЕЛ РЕК НА ПРИУСТЬЕВЫХ УЧАСТКАХ

При изучении русловых процессов устьев рек интересно рассматривать их проявление в различных условиях, при различном сочетании руслоформирующих факторов. Исследование устьевых участков рек Украины при впадении в другие реки или водохранилища показали наличие некоторых новых закономерностей.

Особенности русловых процессов в устьях рек связаны с преобладанием процесса аккумуляции наносов. Под влиянием водохранилищ, созданных на основной реке, развитие устьевых процессов притоков значительно изменяется. Режим переменного подпора способствует смещению границы устья реки вверх по течению. Для некоторых рек (Смотрич, Студеница, Ушица при впадении в Днестровское водохранилище) формирование устья отмечено в 3-10 км выше прежнего положения. При этом устьевой бар представлен преимущественно двумя сопряжёнными побочными. Русло при этом сохраняет свой основной морфодинамический тип: извилистое, либо относительно прямолинейное. Для левобережных притоков Днепра (рр. Сула, Псел, Ворскла), впадающих в крупные водохранилища, образование устьевых баров не характерно. Здесь устьевая область формируется системой основного и второстепенных речных рукавов, образованных затопленными пойменными старицами, протоками и русловыми ответвлениями. Иногда на формирование и морфометрию устьевых образований влияют ветровые сгоны и нагоны.

В местах впадения малых горных и полугорных рек, несущих большое количество наносов (Лимница, Быстрица при впадении в р. Днестр), в основной реке формируются две зоны отложения наносов. Первая зона – собственно дельта выдвижения, состоящая из 2-3 осерёдков, а вторая – «смытая дельта», представляющая собой систему из нескольких островов и осерёдков, расположенных непосредственно в русле ниже по течению. Осерёдки дельты выдвижения, находясь под влиянием двух потоков, имеют небольшие размеры и своеобразную вытянутую форму. «Смытую дельту» в пределах извилистого русла представляют достаточно большие русловые образования стандартной формы.

Особое влияние на морфометрию устьевых образований оказывает рельеф долины основной реки и следы старых русел, селевых потоков. Например, все полугорные притоки р. Прут вблизи своего устья делают резкий поворот вниз по течению и на расстоянии 4-8 км текут почти параллельно основной реке. Наблюдения показали, что такое удлинение устья не связано с отложением наносов, с устьевыми русловыми переформированиями, а является результатом захвата рекой-притоком русла староречья основной реки. Причиной такой резкой смены направления стока могло стать интенсивное врезание русла Прута.

ЧЁТКОВИДНЫЕ РАСШИРЕНИЯ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК: ПРИЧИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ*

Одной из специфических черт морфологии русел водотоков первых порядков является чётковидность – чередование расширений и сужений русла. В разной степени выраженности чередование сужений и расширений характерно для русел всех рек, однако на средних и больших реках изменения ширины неразветвлённого русла чаще всего не превышают 20-50%, или же они встречаются единично. На малых реках соотношение максимальной и минимальной ширины русла может достигать 10/1 и более, при этом чётковидность русла может прослеживаться на большом протяжении реки.

Для выявления причин формирования чётковидного строения русел в различных природных условиях были обследованы русла малых рек в тундре (северо-восточный Ямал, район пос. Тамбей), лесотундре (Нижнеобская низменность, район г. Лабытнанги), северной тайге (Мурманская область, район г. Кандалакши), южной тайге (Нижегородская область), средней тайге Восточной Сибири (север Иркутской области) и проанализированы доступные в системе «Google Earth» космические снимки на территорию степной зоны (Оренбургская область).

Образование чётковидного строения русел в зоне тундры, в условиях сплошного развития многолетнемерзлых пород, объясняется более интенсивным вытаиванием жильного льда в узлах решётки полигональных трещин, что приводит к формированию в русле глубоких и широких термокарстовых котловин. Наиболее широко чётковидные русла распространены в областях с выраженным полигональным строением. На исследованных водотоках северо-восточного Ямала чётковидность русел образуется на малых реках с площадью водосбора до 10 км², максимальным расходом до 1 м³/с и наиболее выражена в пределах низких морских террас и днищ спущенных термокарстовых озёр.

Предположения других исследователей об унаследованности термокарстовой чётковидности русел рек по периферии зоны многолетней мерзлоты нашими полевыми исследованиями не подтвердились: чёткообразные формы русла реки Вындыды, расположенной в лесотундре севера Западной Сибири (район г. Лабытнанги), и русла реки Лупче-Савино, расположенной на севере лесной зоны в Мурманской области (район г. Кандалакши), оказались связанными с неоднородностями исходного

* Выполнено при поддержке РФФИ (проекты №11-05-00317 и №12-05-00348) и гранта Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект №НШ-79.2012.5).

рельефа и геологического строения (реки пересекают флювиогляциальные и моренные гряды).

В таёжной зоне Восточной Сибири (север Иркутской области), в маревых долинах, занятых многолетней мерзлотой, также встречаются чётковидные формы русла. Однако полевые наблюдения на р. Челедуй (приток Н. Тунгуски) показали, что русла на этих участках подстилаются траппами, имеющими неровную кровлю, благодаря чему даже в условиях широкой поймы возникают каменистые перекаты – шиверы, ниже которых формируются эвразийские котлы – расширения русла, таким образом, несмотря на наличие многолетнемерзлых пород, формирование здесь чётковидных русел не связано с процессами термокарста. Чётковидные формы русла, связанные с неоднородным геологическим строением, могут проявляться даже на средних и больших реках.

Формирование расширений русла на самых малых ручьях и реках лесной зоны (1-4 порядка) связано с большой неоднородностью скоростного поля потока и сильными пульсациями скоростей, которые связаны как с наличием препятствий в русле, так и с большой неравномерностью стока в условиях малого водосбора. Расширения русла приурочены, как правило, к вершинам крутых излучин, участкам с препятствиями (заломы и пр.), где образуются водоворотные зоны, способствующие размыву, то есть объясняется гидродинамическими причинами. Иногда образование таких расширений связано с антропогенной деятельностью, и они могут наблюдаться и на более крупных реках. Например, расширения русла р. Озёрки (приток р. Кудьмы, площадь водосбора 190 км²) расположены в вершинах излучин и соотношение ширины русла в расширении и сужении составляет 3/1÷4/1. Усиленный размыв берегов связан с увеличением удельного расхода воды, вызванного врезанием русла в результате спуска пруда.

Расширения русел малых рек степной зоны часто связаны с заилением русел и зарастанием перекатов, в результате чего оставшиеся плёсы превращаются в отдельные озёра. В некоторых случаях, например, в Оренбургской области, образование чётковидных расширений может объясняться также развитием суффозионно-карстовых процессов в русле.

Таким образом, чётковидная форма русел малых рек встречается во всех природных зонах от тундры до степи, но имеет различные причины:

- 1) гидродинамические, связанные с неравномерностью скоростного поля потока и неравномерностью стока, наблюдаются на самых малых реках;
- 2) неоднородности геологического строения, которые определяют неравномерную устойчивость горных пород к размыву, могут приводить к формированию чётковидности русел даже средних и больших рек;
- 3) влияние прочих процессов на формирование русла, таких как термокарст, карст, заиление и др., которые имеют региональный характер.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СНЕЖНИКОВ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО ГУМИДНОГО КЛИМАТА (НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ)

В пределах гумидного климата умеренного пояса большую роль в динамике ландшафтных систем играет такой важный природный фактор, как сезонный снежный покров. Таяние снежного покрова и сохранение поздневесенних снежников, как выяснилось, оказывает большое геоморфологическое воздействие как на переформирование уже существующих форм рельефа, так и на такие рельефообразующие процессы, как локальная солифлюкция, плоскостной смыв и струйчатый размыв, оплывание и оползание. Геоморфологическая роль снега в условиях субарктики освещена во многих работах очень детально, рассмотрена она и в лесостепных и степных регионах, однако на залесённой территории Удмуртии снежная эрозия и связанные с ней нивальные процессы изучены крайне недостаточно.

Наблюдения за весенними снежниками, сохранявшимися на протяжении всей весны, проводились с 2009 по 2011 гг.: полустационары располагались на берегах малых рек и в пределах нивального комплекса, врезанного в правый коренной берег р. Кама. В результате были выявлены некоторые особенности их распространения, сохранения, таяния и эрозионной деятельности.

Выяснилось, что география распространения и сохранения снежников довольно обширна: в большинстве случаев современные поздневесенние снежники приурочены, главным образом, к склонам речных долин, балок и оврагов холодных румбов; многочисленные снежники расположены в пределах реликтовых нивальных ниш, цирков и ложбин правых притоков Камы и её коренного склона; многие снежники занимают искусственные углубления в выработках (карьерах) песчано-гравийного материала.

Влияние снежника на горную породу и талых вод из-под него происходит как напрямую, так и косвенно. Прямое воздействие связано с колебанием температурных градиентов, достигающих значительных величин у края снежника, что создаёт благоприятные условия для физического выветривания в зоне контакта снега с поверхностью, не покрытой снегом. Наблюдения показали, что под снежником температурные колебания уменьшаются, что замедляет процесс физического выветривания. Температура грунтов у края снежника имеет отрицательные значения и длительное время близка к 0°C, т.е. к пределу, где замерзающая и оттаивающая вода производит максимальную разрушительную работу. Образовавшийся мелкозём выносится талой водой, которая ниже ложа снежника концентрируется в линейный водоток. Дебит водотока в период максимального таяния у наблюдаемого снежника составил от 0,05 до 0,1 л/с, количество вынесенного мелкозёма составило в среднем 100-140 мг на литр воды.

Прямое воздействие снежников на горную породу связано также с движением уплотнённого снега вниз по склону, особенно активно этот процесс проявляется на крутых склонах малых рек. При движении снежник увлекает за собой замерзшие частицы грунта, образуя грязево-снежные потоки. Таким образом, снежник разрушает породу, переносит продукты разрушения и аккумулирует на более низких гипсометрических уровнях, таким образом, оказывая влияние на формирование склонов вообще и склоновых процессов в частности.

Косвенное влияние снежников на формирование рельефа заключается в переувлажнении грунта талыми водами и активизации в весеннее время таких процессов, как солифлюкция, оползание, оплывание, плоскостной смыв. Также косвенно снежники принимают участие в транспортировке материалов ветровой эрозии: выдуваемый мелкозём с сухих склонов южной экспозиции частично оседает на поверхности снежника, а затем транспортируется с талыми водами.

В глубоких молодых оврагах с крутыми склонами под осыпными массами долгое время сохраняется уплотнённый снег, который со временем подтаивает снизу (если есть хорошо сформированный водоток) и под давлением вышележащей осыпи превращается в наледь. Медленное таяние такой наледи происходит длительное время и сохраняется до середины лета, выноса мелкозёма. Наледи значительных размеров наблюдались в глубоких оврагах в третьей декаде мая.

Было замечено, что особенно велика роль снежников в формировании асимметрии склонов малых рек и оврагов. На оголённых крутых склонах, обычно северной экспозиции, небольшие снежники и снежные пятна сохраняются довольно длительное время. При этом замечено, что нижний по склону край снежника обычно уплощённый и плотно прилегает к грунту. На верхнем крае между телом снежника и склоном обычно находится трещина. В теплое время суток в теле снежника на контакте снега с ложем и около трещины снег вытаивает и образуются небольшие полости. Грунт на склоне ниже снежника бывает переувлажнён и с глубины несколько сантиметров находится в мёрзлом состоянии; с удалением от края снежника глубина протаивания возрастает. Эти условия благоприятствуют массовым движениям грунта типа оползней сплыва и солифлюкции. На малых реках съехавший грунт подмывается и уносится водотоком, тем самым сохраняется первоначальная крутизна склонов. На более пологих склонах формируются оплывины с хорошо выраженными волнами на поверхности высотой несколько сантиметров, параллельными протиранию склонов.

Наблюдения показали, что на эрозионную деятельность снежников большое влияние оказывают метеорологические условия не только весеннего периода, но и всего года. Предзимье 2009 г. было очень морозным, поэтому грунт промёрз на большую глубину до установления снежного покрова. Затем последовала очень морозная зима, глубина промерзания грунта превысила средние многолетние показатели и весеннее оттаивание их происходило довольно медленно. Талые воды у кромок снежников насыщали в основном

приповерхностный слой, полоса переувлажнённых грунтов у кромки снежников была шириной 70-100 см; при этих условиях более активно проявлялся плоскостной смыв и размыв грунта.

Затем последовало очень жаркое лето, уровень подземных вод сильно снизился, грунты были сильно пересушены. Несмотря на то, что зима была многоснежной, практически вся талая вода ушла в грунт и только незначительная часть стекала по поверхности. Ширина переувлажнённых грунтов у кромки снежника составила всего 30 см, ниже по склону талые воды концентрировались в ручей. Там где водоток не формировался грунт был сильно переувлажнён, что явилось благоприятным условием для его стекания и оползания.

Таким образом, наблюдения за снежниками показали, что геоморфологическая роль снежников в условиях гумидного умеренного климата заключается не только в непосредственном разрушении горной породы, но и в провоцирующем действии на другие эрозионные процессы, которые происходят во многих случаях одновременно.

Г.Н. Угенинов, А.Н. Кондратьев

Российский государственный гидрометеорологический университет

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ МАЛЫХ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДА ЕТР

Речная сеть Северо-Запада ЕТР принадлежит бассейну Балтийского моря. Одним из характерных признаков малых рек Северо-Запада ЕТР является их молодость. Территория приобрела современные черты от 5 до 10 тыс. лет назад после схода последнего оледенения. Территория Карельского перешейка и окрестностей Санкт-Петербурга окончательно сформировалась 2-3 тыс. лет назад после понижения уровня Ладожского озера. Молодость современной гидрографической сети приводит к тому, что малые реки протекают или в унаследованных долинах или в крайне узких, неразработанных собственных долинах. Залесённость, заболоченность и озёрность водосборов обуславливает относительно малое поступление наносов в реки. Пойма часто или отсутствует, или крайне слабо выражена. Реки развиваются не в своих аллювиальных отложениях, а текут по поверхностям другого происхождения – скальным, известняковым, глинистым и суглинистым, валунным, болотным. Молодость рек и отсутствие аллювия приводят к формированию врезанного русла. Малое поступление наносов с водосбора приводит к отсутствию или к малому развитию мезоформ. Поперечное сечение русел обычно симметричное. Оба берега рек крутые, что несвойственно аллювиальным рекам, у которых обычно один берег крутой, а другой пологий. Все перечисленные причины приводят к крайне малым скоростям плановых деформаций – сантиметры в год и менее, что не характерно для других малых рек.

Для прогноза русловых процессов используются нормативные документы, которые основаны на положениях гидролого-морфологической

теории, разработанной в ГГИ в 1950-1980-х годах под руководством Н.Е. Кондратьева и И.В. Попова. Тогда эти разработки заметно улучшили методы прогноза русловых процессов, выделив 7 типичных схем деформаций речных русел (типов русловых процессов): русловая многорукавность, ленточногрядовый тип, побочневый тип, ограниченное меандрирование, свободное меандрирование, незавершённое меандрирование, пойменная многорукавность. Основы положений гидролого-морфологического подхода были выведены, в основном, из анализа материалов аэрофотосъёмок, в массовом количестве появившиеся тогда в руках разработчиков теории. На аэрофотоснимках малые реки не были видны или не представляли интереса, как из-за своих небольших размеров, так и из-за низких скоростей плановых деформаций. Поэтому основное внимание было привлечено к большим рекам, на которых явно выражены плановые деформации, таким как меандрирующая река Иртыш, скорость плановых смещений которой в вершинах излучин может достигать 20-50 м/год, или река Обь с пойменными и русловыми островами, скорость смещения которых тоже велика.

В то же время, известны другие типизации, основанные как на разработках ГГИ (типизации И.Ф. Карасева, Н.С. Знаменской, А.Н. Кондратьева, М.С. Карасева и Б.И. Гарцмана), так и на разработках других школ (Р.С. Чалова, В.С. Лапшенкова и др.). Однако на практике приходится пользоваться типизацией, включающей только 7 типов русловых процессов, закреплённых в нормативных документах.

В результате анализа перечисленных особенностей малых рек Северо-Запада ЕТР можно сделать вывод, что русловые деформации затруднительно отнести к какому-либо из 7 типов русловых процессов, описанных в действующих нормативных документах. Известно давнее противостояние между вдумчивыми описаниями сущности русловых процессов, выполняемыми опытными гидрологами, и формальными требованиями экспертизы – описывать все реки только типами русловых процессов, приведёнными в нормативных документах. В результате или описание схем деформаций выполняется формально и, в конечном счёте, – неверно, или создаются два описания: одно – в рамках нормативов для удовлетворения требований нормативов и экспертизы, второе – для понимания сущности русловых процессов конкретной реки и правильного прогноза деформаций.

По мнению авторов, различие рек, описанных в нормативах, и малых рек Северо-Запада ЕТР, заключается в степени аллювиальности рек (количество аллювия). Основными отличительными признаками таких рек является отсутствие поймы, сложенной аллювием, незначительные расходы наносов. Наиболее ярко это выражено на малых реках Северо-Запада, где все реки молодые, протекают в унаследованных или очень молодых долинах. Пойменный и речной аллювий обуславливают большие скорости деформаций речных русел, его отсутствие – малые темпы. Основным критерием является аллювиальность рек. Реки с большим количеством аллювия обладают значительными темпами деформаций и обычно укладываются в известные типы русловых процессов.

Таким образом, можно сделать вывод, что реки Северо-Запада не-обычайно молоды, они протекают в унаследованных долинах обычно без пойм или в слабо развитых поймах. Русла рек врезанные, дно и берега рек часто коренные, при этом темпы деформаций крайне малы. На реках обычно не проявляется меандрирование, отсутствует пойменная многорукавность и крайне слабо выражены мезоформы. Все перечисленные основные особенности связаны с очень малым количеством аллювия. Поэтому такие реки можно отнести к классу неаллювиальных рек, в отличие от аллювиальных. Существующая типизация русловых процессов [ВСН 163-83] – типизация аллювиальных рек. Типизации неаллювиальных рек в рамках нормативов не существует. Нормативная типизация требует дополнения и расширения – для удовлетворения потребностей практики и приобретения эффективного инструмента прогноза руслового процесса на неаллювиальных реках, характерным примером которых являются малые реки Северо-Запада ЕТР.

С.И. Фёдорова¹, О.Г. Водопьянова²

1 – Кубанский государственный технологический университет,

2 – ООО «ГеоАрхСтройПроект»

ОПТИМАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ ОТ ЭРОЗИИ РУСЛОВЫХ ВРЕМЕННЫХ ВОДОТОКОВ

В феврале текущего года геологами ООО «ГеоАрхСтройПроект» совместно с сотрудниками КГТУ было проведено инженерно-геологическое районирование на территории Мезмайского и Нижегородского поселения Апшеронского района Краснодарского края. Инженерно-геологическое обследование и районирование территории проводилось для разработки генерального плана.

Эти территории, прежде всего, привлекательны с точки зрения развития туристического и курортного отдыха. Однако эти места практически не освоены: нет дорог, и прочих благ цивилизации. Развитие туризма, курортов для отдыха людей с низким и средним достатком может приносить постоянный доход не только району, но и краю. В Краснодарском крае практически отсутствуют объекты для отдыха по доступным ценам.

Строительство дорог, коммуникаций, зданий и сооружений на этой территории требует мероприятий инженерной защиты до строительства объектов отдыха. Одним из основных опасных геологических процессов, развивающихся в этой части территории края, является эрозия временных и постоянных водотоков, которая служит катализатором развития других опасных процессов, включая оползни, обвалы, осыпи.

Поражённость эрозией временных водотоков в горной части возрастает, в основном, с высотой гор. В низкогорье она составляет 5-25%, в среднегорье – 15-30% и в высокогорье – 25-48%.

В низкогорной части густая, разветвлённая эрозионная сеть представлена балками, промоинами, расщелинами и щелями. Глубина вреза

варьирует от 3 до 25 м, протяжённость – от 100 м до нескольких километров. Форма их обычно V-образная. Борта – пологовыпуклой формы, крутизной от 10-35°, как правило, густо залесены.

В среднегорной части наиболее развиты крупные прямолинейные эрозионные формы типа щелей, ущелий и расщелин, протягивающихся от водораздельной части до подножий гор. Глубина вреза – десятки и первые сотни метров. Борта их, как правило, достаточно крутые (25-50°), часто покрыты густой растительностью. На склонах крупных ущелий, щелей развиваются разветвлённые более мелкие формы временных водотоков типа расщелин, промоин, глубина которых варьирует от 3-10 до 40-60 м, пологовыпуклые борта имеют крутизну 25-45°, поражённость – до 0,8-1,0 км.

В высокогорье характерно развитие таких крупных эрозионных форм временных водотоков как ущелья, щели, расщелины, прорезающие крутые склоны водоразделов на всю их протяжённость. Глубина ущелий – 100-200 м, иногда более. Борта крутые (35-60°), с редкой растительностью, усложнённые мелкими V-образными врезами временных водотоков, глубиной от 1 до 10 м, шириной – 10-40 м. Мелкие формы приурочены также к гордовым частям хребтов.

Кроме того, в пределах ущелий, расщелин, щелей, оврагов и балок возможно прохождение селей. Сель – один из типов флювиальных русловых экзогенных геологических процессов, можно рассматривать как промежуточный процесс между деятельностью временных водотоков с одной стороны, и оползнями-потоками, с другой. Сель представляет собой кратковременный горный поток, состоящий из смеси воды и твёрдого материала, содержание которого намного больше, чем при обычных паводках и возникающий во время дождей, при интенсивном таянии снега и льда, а также при прорыве завалов и плотин в долинах, где имеются большие запасы рыхлообломочного материала.

Согласно общей генетической классификации очагов зарождения селей, на изучаемой территории имеют место две группы селевых очагов. Первая группа объединяет очаги, связанные со скоплением рыхлого материала в руслах временных и малых водотоков.

Вторая группа селевых очагов, имеющая значительно меньшее развитие, объединяет очаги, связанные с подпруживанием рек (преимущественно малых) оползнями, обвалами, селевыми и лавинными выносами, осыпями.

Материал, который выносятся постоянными и временными водотоками, состоит не только из большого количества размываемого грунта, но и включает кустарники, деревья и т.д.

Оптимальной инженерной защитой таких территорий от эрозии русловых временных водотоков являются противоселевые сооружения и устройство различных видов дренажа. Хотя дренажные сооружения дорогостоящи и требуют, практически, ежедневного ухода и после их сооружения (очистка после каждого ливня и снеготаяния).

Кроме того, до проектирования дренажных сооружений необходимы детальные инженерно-гидрометеорологические изыскания, которые включают годичный цикл наблюдений за стоком поверхностных вод территории. Только после таких детальных изысканий возможно правильно составить проект инженерной защиты.

Затраты на дренажную систему можно удешевить за счёт современных материалов и технологий. Использование данных территорий под рекреацию окупят эти затраты в ближайшие десятилетия.

О.В. Филиппов

Волжский гуманитарный институт (филиал), ГОУ ВПО «Волгоградский государственный университет»

РАЗВИТИЕ АККУМУЛЯТИВНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА В УСТЬЕВЫХ СТОРАХ ПРИТОКОВ И ЗАЛИВОВ НИЖНЕЙ (ОЗЁРНОЙ) ЧАСТИ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

С созданием Волгоградского водохранилища эрозионно-аккумулятивные процессы приобретают новую динамику и своеобразные формы. В условиях замедления стоковых (гравитационных) течений, уменьшения их размывающей и транспортирующей способностей, областью наиболее динамичного проявления данных процессов становятся устья притоков и относительно узкая прибрежная полоса основной акватории водохранилища. Основными факторами явления представляются: повышение базиса эрозии притоков и его смещение вверх по руслу вслед за подпором водохранилища, а также возникновение нового геодинамического процесса – абразии, или размыва берегов под воздействием ветровых волн. Отмечается неоднородность исходных условий по акватории водохранилища; приводятся принципы деления его на части (участки); даются оценки условиям развития новых геодинамических процессов на различных участках.

Представляется общая характеристика берегов Волгоградского водохранилища. Важной их особенностью в период, предшествующий наполнению водохранилища, является высокая расчленённость склонов речной долины Волги овражно-балочными эрозионными образованиями. Подъём волжских вод с перекрытием их плотиной Волжской ГЭС привёл к образованию многочисленных мелких и средних по объёму и площади заливов, определяющих ландшафтное своеобразие береговой зоны, выполняющих важные экологические функции в общей экосистеме водохранилища, имеющих существенное значение в хозяйственной деятельности человека. Отмечаются особенности притоков Волгоградского водохранилища, характеризуются гидрологические их особенности и потенциал стока воды и наносов.

Как наиболее примечательное геодинамическое явление в береговой зоне водохранилища рассматривается развитие аккумулятивных форм рельефа в устьях притоков и устьевых створах заливов. Раскрывается ланд-

шафтно-экологическое значение явления и возможные его последствия. Характеризуется степень развития явления на современной стадии эксплуатации водохранилища.

В качестве основного процесса, формирующего современную аккумулятивную пересыпь заливов и притоков водохранилища рассматривается производный процесс переформирования береговых склонов – вдольбереговой перенос наносов: продуктов разрушения абразионных уступов. Последний из процессов относительно мало исследован до настоящего времени, отсутствуют эффективные модели, позволяющие надёжно определить параметры движения наносов во вдольбереговом шлейфе. Не ясен потенциал потока наносов при пересечении им устьевых створов заливов. Ещё более усложняется задача относительно устьевого створа притока, располагающего автономным стоком воды и наносов.

Анализ и обобщение особенностей образования аккумулятивных форм рельефа в устьевых створах заливов и притоков Волгоградского водохранилища позволяет выделить сущность процесса, его основные факторы и закономерности развития форм.

Размыв береговых склонов рассматривается как главенствующий генерирующий процесс. Многолетние наблюдения на ряде стационарных участков и створов позволяют выявить продуктивность размыва, её связь с определяющими факторами и основные закономерности формируемого абразионно-аккумулятивного профиля (в том числе: темпы отступания берега, нарастание абразионно-аккумулятивной отмели, изменение морфометрических параметров отмели, гранулометрический состав наносов и особенности их сортировки при перемещении по профилю, ряд других закономерностей). Важнейшей особенностью представляется также геологическое строение исходного берегового уступа, его литологический состав и геоморфологические характеристики. Размыв берега и абразионно-аккумулятивный профиль выше и ниже залива или притока рассматриваются как основной источник материала для формирующейся в устьевом створе аккумулятивной пересыпи (косы).

Морфометрические характеристики залива (или предустьевого участка притока) рассматриваются как второй фактор, определяющий возможности и характер развития аккумулятивной пересыпи. В условиях повседневной эксплуатации водохранилища (искусственного регулирования стока в створах верхней и замыкающей плотин ГЭС), для гидрологического режима водоёма характерно наличие длинных волн попуска: прямых и обратных; прогрессивных и регрессивных, а кроме того – сейшей с достаточно большой амплитудой уровней воды. В данных условиях длинные волны, главной осью развития которых большей частью является продольная ось водохранилища, формируют волны наполнения и опорожнения ёмкостей, занимаемых заливами и предустьевыми участками притоков. Чередование подобных волн образует попеременно характерные циклические течения, наиболее активные в зоне устьевых створов. Характеристики данных течений (их продолжительность, скорость, устойчивость траекторий потоков во

времени) определяются преимущественно объёмом водной массы залива (в т.ч.: устьевое залива притока) и особенностями конфигурации берегов. Размывающий потенциал скоростей в наиболее суженной части устьевого створа управляет развитием устьевых кос и самой возможностью отчленения залива от основной акватории водохранилища. Приводятся особенности процесса на малых, средних и больших заливах Волгоградского водохранилища по итогам пятидесятилетнего периода его существования.

В качестве третьего фактора (комплекса факторов), определяющего особенности развития устьевых аккумулятивных форм, рассматривается влияние собственного стока воды и наносов по руслу притока. Отмечается, что заливы в низовьях подтопленных водохранилищем балок и оврагов, являющихся временными водотоками, также характеризуются наличием автономного стока, и не отличаются принципиально от остальных притоков. Аспект еще более актуален при наличии выклинивания подземных вод в акваторию залива. Характеризуется общая схема динамики автономного стока притоков (вода, наносы) в условиях формирования кос и глухой перемычки в устьевом створе. Делается вывод о прогрессирующем заиливании ложа залива при наличии автономного стока и его возрастании.

На основании фактических исследований в устьевой зоне ряда заливов и притоков Волгоградского водохранилища представлены интегральные характеристики развития устьевых аккумулятивных форм, демонстрирующие особенности и стадийность процесса. Даются предварительные оценки его развития в течение ближайших десятилетий.

Б.И. Фридман

Нижегородский государственный педагогический университет

БОКОВАЯ МИГРАЦИЯ РУСЕЛ ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКОЙ ПРА- ВОЛГИ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕЁ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ

Все реки позднего кайнозоя: неогена и квартера, отличающиеся общностью и последовательностью своего формирования, мы склонны называть прареками. Конкретные названия прарек, вслед за Г.И. Горецким, мы считаем правильным писать с прописной буквы (например: Пра-Волга).

В аллювии Великой Волжской аккумулятивной аллювиальной низменной равнины (ВВАР) во всех деталях запечатлена многофазовая полицикличность природного процесса, выражающаяся в последовательной смене стадий интенсификации то эрозионного врезания, то аккумуляции аллювия с последующим выравниванием рельефа, то интенсивного бокового смещения русел рек с подготовкой к новому врезанию, перемещённому по отношению к предшествующему. Река Волга, зародившаяся у северного борта будущей макроложбины, постоянно расширяла и периодически углубляла свою долину, последовательно-пульсационно оттесняла крутые

обрывы Приволжской возвышенности всё дальше к югу. *Боковая миграция русла* Пра-Волги (правильнее называть Пра-Клязьма-Волгой) объясняет факт широкого распространения сохранившегося до наших дней в пределах ВВАР миоцен-плиоценового и эоплейстоценового и нижненеоплейстоценового доледникового аллювия. Аналогичные миграции рек отмечаются и на других реках России: на Дону, Днепре, Каме, Нижней Волге и т.п.

С начала квартера (2,6 млн. лет) Волга в пределах Нижегородской области сместила своё русло к югу на 100-120 км. Сейчас не вызывает сомнения, что Пра-Клязьма-Волга после заполнения ранненеоплейстоценового (венедского) переуглубления ниже- и средненеоплейстоценовым доднепровским аллювием со времени завершения днепровского оледенения сместилась вправо на 10-15 км. Отсюда, приняв 200 тыс. лет за округлённый рубеж конца днепровского оледенения можно рассчитать, что средняя скорость этого смещения составляла 0,075 м/год (что соизмеримо с латеральными смещениями русел других рек). Расчёты показывают, что миграция русла с рассчитанной нами скоростью на 100 км в сторону могла произойти не более чем за 2 млн. лет. Кроме того, можно ещё предположить, что на рубеже плиоцен-плейстоцен в результате более высокой тектонической активности скорость латеральных смещений могла достигать более высоких темпов. Это предположение покажется ещё более убедительным, если обратить внимание, что ширина эрозионных ступеней, а вместе с ними и полей распространения аллювия эо- и ранненеоплейстоценовых свит уменьшается от более древних к молодым. Наиболее широкими являются поля распространения семёновской свиты Волго-Вятской серии аллювиальных свит (до 66 км). Наименьшая ширина (до 5-10 км) свойственна линдовской и сормовской свитам. Зато эрозионные врезы каждого последующего эрозионно-аккумулятивного цикла третьего порядка в пределах эоплейстоценового-средненеоплейстоценового цикла становятся всё более глубокими. Поэтому, можно говорить, что в течение эоплейстоценового семёновского эрозионно-аккумулятивного цикла преобладала боковая эрозия. Слабо врезанное в коренные породы русло интенсивно перемещалось в латеральном направлении на юг. Со временем интенсивность глубинной эрозии периодически увеличивалась, в то время как уменьшалось действие боковой эрозии. Ранненеоплейстоценовому сормовскому времени (венед плюс соликамск) свойственны максимум глубинной эрозии и незначительное боковое смещение русла, которое возрастает снова на рубеже среднего и позднего неоплейстоцена.

Действующими силами боковой эрозии и смещений русел в соответствии с законом Бэра-Баине была сила Кориолиса. В частности, Б.Л. Личков считал ветлужское полесье огромной площадью последовательно накопленных речных отложений – аллювиальных свит, прислонённых друг к другу. Он указывал, что геолог Б.Ф. Земляков, «не учитывая тех перспектив, которые даёт в этом вопросе применение закона Бэра, толкует эту площадь как огромное озеро».

Действие силы Кориолиса было в нашем случае усилено тектоническими силами. В позднем кайнозое в северной части Московской синеклизы происходили активные инверсионные поднятия, приведшие к формированию Северных Увалов. В результате образовалась обращённая на юг покатость рельефа южных склонов Увалов, которая обрывается у р. Волги на Волжской геофлексуре, совпадающей с субширотной линией высоко мобильной Владимир-Казанской межи. Эта покатость обеспечивала дополнительные усилия, отклоняющие русла Клязьмы, Низовой Оки и Волги в направлении на юг и оттесняющие в этом направлении в результате усиленной боковой эрозии уступы некогда простиравшейся значительно севернее современного уступа Приволжской возвышенности.

В.Ю. Халатов, Р.Х. Гагинян

Государственный университет по землеустройству, Ереванский государственный университет

ВЛИЯНИЕ БЫСТРОГО ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА СЕВАН НА ЭРОЗИОННО-РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЕГО БАССЕЙНЕ

Для правильного понимания происхождения и развития эрозионных форм рельефа, состоящих из двух групп – собственно эрозионных и аккумулятивных, необходимо иметь ясное представление о характере работы текущей воды и тех законах флювиальной геоморфологии, которые лежат в её основе. До недавнего времени казалось, что процесс формирования эрозионных форм рельефа хорошо известен. Но исследования ряда учёных показали новые стороны деятельности водных потоков и значительно видоизменили взгляды на существо эрозионного процесса.

Действие глубинной и боковой эрозии и аккумуляции предопределяет образование определённого типа продольного профиля реки – различного на разных этапах развития эрозионного процесса. В характере этого профиля раскрываются многие особенности эрозионного процесса. Возникновение флювиальных рельефообразующих процессов связано с нарушением динамического равновесия в результате подобных изменений физико-географических условий, которые влияют на силу водных потоков, а также на интенсивность выветривания и денудации на склонах. Деятельность человека, изменения климата, тектонические движения, такие процессы развития рельефа как рост дельт, постепенное выполаживание склонов в результате их денудации – все эти и многие другие явления могут вызывать изменение баланса рыхлого материала и, следовательно, быть причинами возникновения того или иного рельефообразующего процесса.

Н.И. Маккавеев, рассматривая механизм формирования выработанного продольного профиля, показал, что в его основе лежит процесс автоматического регулирования транспортирующей способности потока. Участ-

ки, где поток содержит наносов меньше, чем мог бы перенести, углубляются тем интенсивнее, чем больше дефицит насыщения потока наносами. По мере углубления уклон на участке уменьшается, что вызывает увеличение уклона на вышележащем участке реки и возрастание транспортировки наносов. На тех участках русла, где удельная транспортирующая способность потока недостаточна для транзита поступающих с вышележащего участка наносов, дно постепенно повышается.

Наиболее распространённой причиной резких нарушений баланса рыхлого материала являются тектонические движения. Они изменяют уклоны рек и, следовательно, количество выносимого ими материала. Поэтому даже незначительные изменения уклона способны вызывать врезание русла или накопление аллювия. Однако этот процесс происходит в течение долгого геологического времени. Более наглядно эти явления наблюдаются при непосредственной деятельности человека, например, при искусственном понижении уровня приёмного бассейна. Тогда изменение уклонов рек происходит за очень короткое время.

С этой точки зрения наглядным примером является озеро Севан, где начавшееся с 40-х гг. XX в. искусственное понижение его уровня на 18 м, проводившееся на протяжении более 60 лет, привело к существенному нарушению естественного режима озера и к изменению установившегося в пределах бассейна баланса физико-географических процессов. Такое быстрое понижение базиса эрозии позволило наблюдать рельефообразующие процессы деятельности рек за очень короткое время, тогда как в естественных условиях эти процессы длятся тысячелетиями.

Разнообразие геолого-геоморфологической обстановки привело к тому, что характер современных рельефообразующих процессов, интенсивность их проявления, тем самым и созданные ими формы рельефа оказались на различных участках неодинаковыми и имеют свою специфику. По этим признакам на территории бассейна оз. Севан выделяются три вертикальных пояса: верхний – склоны окружающих гор и равнин, средний – низменности и равнины прибрежной полосы озера, нижний – обнажившаяся полоса дна озера. Понижение базиса эрозии наиболее существенно сказалось на рельефе и почвенном покрове прибрежной полосы оз. Севан (нижнего и среднего пояса), хотя косвенно отразилось и на более удаленных от озера территориях.

Наибольшее разнообразие процессов рельефообразования и интенсивность их проявления характерны для нижнего пояса. Здесь буквально на глазах происходило образование новых форм рельефа – речных долин с серией террас, береговых валов и лагун, конусов выноса, активизировались и процессы почвообразования. Заметное оживление, а местами существенное изменение процессов рельефообразования происходило и в пределах среднего пояса. Там, где раньше преобладали процессы аккумуляции, активно шли процессы эрозии, на крутых склонах террас и древних конусов выноса усилились процессы оврагообразования. Верхний пояс по сравне-

нию с двумя предыдущими отличается наименьшими изменениями рельефа. Для изучения изменения нижнего пояса определены уклоны впадающих в озеро рек выше линии понижения уровня и на освобождённых территориях, а также – некоторые морфометрические и гидрологические показатели.

Представление о том, что понижение уровня приёмного бассейна вызывает врезание впадающих в него рек, а повышение – аккумуляцию, все ещё пользуется известной популярностью. Но положение о зависимости рельефообразующей деятельности рек от баланса рыхлого материала говорит об ошибочности таких однозначных оценок. В результате понижения уровня приёмного бассейна возникают новые участки суши и новые низовья речных долин. Баланс рыхлого материала этих новых участков речных долин будет зависеть от уклона возникшей суши. При достаточно крутом уклоне он будет отрицательным, что действительно вызовет наступление врезания, которое вскоре распространится вверх по течению. Если же уклон возникшей суши меньше уклона прежних низовьев речных долин, то результатом этого понижения базиса эрозии будет аккумуляция. Из профилей рек видно, что в бассейне оз. Севан глубинная эрозия развивается у тех рек, в которых из-за снижения уровня озера происходит приращение уклонов вновь возникшей суши. Если течение реки имеет более пологий (по сравнению с выше расположенным) средний уклон продольного профиля, то происходит аккумуляция.

На западном и южном побережьях озера обнажившаяся полоса имеет большие уклоны, чем расположенная выше, и поэтому в реках происходит интенсивная глубинная и боковая эрозия. При одинаковой геологической обстановке (речные и озёрные отложения) врезание происходит не одинаково (от 3 до 12 м). Это зависит от среднемноголетнего максимального весеннего расхода рек и разницы уклонов между старой и новой сушией. Почти у всех рек регрессивная эрозия начинается с двух точек – от уреза воды и от прежней береговой линии, волна которой распространяется вверх по долине. Глубина вреза достигает своего максимума там, где разница уклонов больше.

Если на освобождённых от воды территориях вниз по течению рек происходит постепенное наращивание уклонов, то интенсивное врезание начинается от уреза воды (рр. Цаккар, Мартуни), а при убывании уклонов – от прежней береговой линии (рр. Аргичи, Золакар, Личк и др.).

Одновременно с глубинной более интенсивно идёт и боковая эрозия. Вследствие этого в устьевых частях крупных рек образуется веер террас, открытый к устью рек. Наряду с эрозией отмечается и активная аккумуляция наносов. Слабая устойчивость пород ложа рек, освобождённого от воды прибрежной зоны, и мелкий русловый аллювий обуславливают преимущественную роль потока в русловом процессе (блуждание русла, разветвление на рукава, нарастание дельт и т.п.). Развиты все комплексы русловых форм.

На восточном побережье обнажившаяся полоса озера узкая и крутая, но реки выше освобождённой от воды территории имеют более крутые уклоны, и по этой причине происходит аккумуляция наносов. Этому способствует и селеносность рек, откладываяющих переносимый ими твёрдый материал. Однако главную роль здесь играет разница уклонов старой и новой суши. На большинстве рек восточного побережья глубинная эрозия проявилась кратко-временно на небольшом отрезке реки, на границе старой и новой суши, где уклоны на освобождённых от воды территориях круче вышележащих. Ниже по течению этих рек уклоны уменьшаются и происходит аккумуляция, волна которой смещается вверх по течению. Однако на реке Драхтик, где уклоны на всём отрезке освобождённой от воды территории круче, чем на вышележащем, происходит врезание (до 10 м).

Активность процессов эрозии причиняет большой вред хозяйственным объектам. В результате сильной глубинной и боковой эрозии рек бортовые крепления мостов на шоссейных дорогах деформируются. Для укрепления русла и берегов рек выполняются различные гидротехнические работы.

Таким образом, понижение базиса эрозии оз. Севан подчиняется третьему закону флювиальной геоморфологии, закону факторной относительности, суть которого заключается в неодинаковой и неодновременной реакции флювиального рельефа, соответствующего различным звеньям эрозионно-аккумулятивных рельефообразующих процессов, влияющих на изменения условий географической среды.

А.Г. Царегородцева

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

ОСОБЕННОСТИ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПРЕДЕЛАХ ДОЛИНЫ ИРТЫША (НА ПРИМЕРЕ ПАВЛОДАРСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ)

За основную таксономическую единицу районирования поймы реки Иртыш, взят пойменно-русловой район (ПРР), который выделяется по особенностям распространения типа русла и поймы. Пойменно-русловые районы выделяются по определённому, присущему только им сочетанию разных морфодинамических типов русел и морфологических типов пойм.

Пойменно-русловые комплексы в пределах долины Иртыша относительно стабильны. В среднем течении начинают встречаться прямолинейные и разветвлённые русла. Для относительно прямолинейного русла прижатого к правому коренному берегу, характерно перераспределение стока между протоками, вокруг осерёдков и островов в русле. Для разветвлённого русла характерно периодическое перераспределение стока между рукавами. Районирование пойменных массивов на пойменно-русловые районы произведено по следующим критериям: по характеру развития, водно-

му режиму, увлажнённости почв, орографическому, почвенно-ботаническому составу.

В ходе научного исследования дана современная краткая характеристика пойменным массивам (Иртышский, Кривинский, Колыбаевский, Лебяжинский, Белореченский, Павлодарский, Кзыл-Жарский, Тюлькинский, Чернорецкий, Качирский, Караобинский, Железинский и ряд мелких участков).

Пример. Иртышский пойменный массив, площадью 40,4 тыс. га (из них залесённые угодья – 3,2 тыс. га, водная поверхность и пески – 4,3 тыс. га), Пойменный массив делится на Южноиртышский, Среднеиртышский и Североиртышский участки и характеризуется по условиям затопления, как нормально затопляемый (76,5%), исключение составляет трудно затопляемый Североиртышский массив (62,3%).

В пределах Североиртышского участка массива преимущественное распространение имеют следующие пойменные земли: 1. Доминирующие пойменные земли хорошего качества, требующие поверхностного улучшения и представленные злаково-разнотравной и кустарниковой растительностью на аллювиальных луговых, обыкновенных и солонцеватых почвах центральной и частично приустьевой поймы. 2. Пойменные земли низкого качества, требующие рекультивационных мероприятий и представленные осоково-разнотравной растительностью на аллювиальных лугово-болотных почвах на замкнутых понижениях центральной и притеррасной поймы.

По природным кормовым угодьям, доминирующим пойменно-устьевым районом является пойменный участок с разнотравно-костровными, разнотравно-мятликовыми, разнотравно-пырейными и разнотравно-злаковыми лугами, занимающие центральную и местами приустьевую часть пойменного массива.

Притеррасная часть пойменного участка занята осоково-разнотравными и тростниково-камышовыми и рогозовыми болотами на аллювиальных лугово-болотных и болотных поймах замкнутых понижений поймы. Интенсивное развитие овражной сети отмечается на притеррасных пойменных участках и обрывистой вогнутой береговой линии реки.

В пределах Среднеиртышского участка массива преимущественное распространение имеют следующие пойменные земли: 1. Доминирующие пойменные земли низкого качества, требующие рекультивационных мероприятий и представленные осоково-разнотравной растительностью на аллювиальных лугово-болотных почвах на замкнутых понижениях центральной и притеррасной поймы. 2. Пойменные земли хорошего качества, требующие поверхностного улучшения и представленные злаково-разнотравной и кустарниковой растительностью на аллювиальных луговых, обыкновенных и солонцеватых почвах центральной и частично приустьевой поймы. 3. Земли, не имеющие сельскохозяйственного назначения, занятые под тростниковыми, тростниковыми и рогозовыми болотами на аллювиальных болотных замкнутых понижениях поймы.

По природным кормовым угодьям, доминирующим пойменно-русловым районом является пойменный участок с осоково-разнотравной и тростниково-камышовыми и рогозовыми болотами на аллювиальных лугово-болотных и болотных поймах замкнутых понижений поймы. Притеррасная часть пойменного участка занята осоково-разнотравными и тростниково-камышовыми и рогозовыми болотами на аллювиальных лугово-болотных и болотных поймах замкнутых понижений поймы. Развитие овражной сети отмечается на незначительных обрывистых участках береговой линии реки.

В пределах Южноиртышского участка массива преимущественное распространение имеют следующие пойменные земли: 1. Доминирующие пойменные земли низкого качества, требующие рекультивационных мероприятий и представленные осоково-разнотравной растительностью на аллювиальных лугово-болотных почвах на замкнутых понижениях центральной и притеррасной поймы. 2. В пределах русловой части пойменного участка земли хорошего и среднего качества с злаковой, злаково-разнотравной и злаково-разнотравно-осоковой растительностью на аллювиальных луговых слоистых и обыкновенных почвах слабоволнистой поймы. 3. В пределах центральной части пойменного участка земли хорошего и среднего качества с злаковой, злаково-разнотравной и злаково-разнотравно-осоковой растительностью на аллювиальных луговых слоистых и обыкновенных почвах слабоволнистой поймы. 4. Земли, не имеющие сельскохозяйственного назначения, занятые под тростниковыми и рогозовыми болотами на аллювиальных болотных замкнутых понижениях поймы.

Пойменный участок в своей северной и южной части изобилует многочисленными озёрами, озёрами-старицами и протоками, осоково-разнотравными и тростниково-камышовыми и рогозовыми болотами на аллювиальных лугово-болотных и болотных поймах замкнутых понижений поймы. В центральной части участка – злаково-разнотравной и злаково-разнотравно-осоковой растительностью на аллювиальных луговых слоистых и обыкновенных почвах слабоволнистой поймы.

По природным кормовым угодьям, доминирующим пойменно-русловым районом является пойменный участок с осоково-разнотравной и тростниково-камышовыми и рогозовыми болотами на аллювиальных лугово-болотных и болотных поймах замкнутых понижений поймы. Развитие овражной сети отмечается по всей протяжённости береговой линии реки.

Южная часть пойменного участка характеризуется проявлением процесса бифуркации. В пределах прирусовых повышенных участков, проток и стариц, сенокосы на пойменных землях с типчаково-разнотравной растительностью на аллювиальных луговых остепнённых почвах отнесены под лиманное орошение.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОЛНЫ ПОПУСКА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЗАТОПЛЕНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЙМЕННЫХ МАССИВОВ (НА ПРИМЕРЕ ПАВЛОДАРСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ)

Пойма Иртыша в пределах Павлодарского Прииртышья состоит из 12 основных и ряда мелких массивов. На пойменных массивах по условиям затопления преобладают нормально затопляемые чистые и заливные сенокосы. Пойменные массивы характеризуются наличием многочисленных озёр – стариц, проток и заболоченных массивов. По генетической классификации озёр выделяются: тип – экзогенные, класс – гидрогенные, подкласс – эрозионно-аккумулятивные (речные), род – озёра пойменные, озёра надпойменных террас; вид – озёра-протоки, озёра – старицы.

За период природоохранных попусков 2005, 2006, 2007 гг. пойма р. Иртыш получила наибольшие объёмы воды (4,81-5,25 км³), что способствовало затоплению площади от 76 до 93% большинства пойменных массивов, кроме Кривинского, Колыбаевского и мелких Лебяжинских и Майских участков. Среднее значение затопления пойменных массивов за этот период составляет 76,7%. Достаточно высокое затопление всех пойменных участков характерно для 2010 г. – от 79,7 (Кривинский массив) до 100% (мелкие Лебяжинские участки, Чернорецкий массив), при среднем значении затопления 89,7%.

За период природоохранных попусков 2005-2010 гг. среднее значение затопления поймы составляет 69,3%, что говорит о недостаточных (в соответствии с водностью годов) и неравномерных попусках из водохранилищ. Наибольшими средними значениями площади затопления за данный период характеризуются Кызылжарский пойменный массив (83,5%), и мелкие Павлодарские участки (82,1%), расположенные севернее г. Павлодара, пойменные массивы: Белореченский (80,9%) и Павлодарский (80,1%), расположенные южнее г. Павлодара. Проведённый анализ трансформации волны попуска (за период 20.04-31.05.2010 г.) и её влияния на затопление и продуктивность пойменных массивов показал, что по характеру профиля волны попуска по длине реки Иртыш, исследуемый район можно разделить на следующие участки: Семиярка – Подпуск – Акку, Ямышево, Павлодар (затон) – Самратка, Жанабет – Теренколь – Ертис. В целом, по пойме в период попусков наблюдается поступательный подъём волны по всем постам и сбросовый срез профиля снижения уровня воды. Начало попуска практически для всех постов сопровождается резким подъёмом уровня воды за счёт затона в процессе ледохода на Иртыше или, при отсутствии такового за счёт рефракции волны (Павлодар – затон).

Наибольший резкий скачок волны попуска (3,5 м), приходящийся на 21 апреля характерен для поста Семиярка. Наибольшая деформация начальной волны паводка наблюдается в нижнем течении реки (Жанабет –

Теренколь – Ертис). Для участков Павлодар (затон) – Самратка, Жанабет – Теренколь – Ертис наблюдается более затяжная волна поводка, что способствует длительному затоплению пойменных массивов на этих участках. Для участка пп. Семиярка – Подпуск – Лебяжинский характерен резкий скачок волны (3,5 м) в начале периода попуска, протекающий в 2-3 дня. Формирование устойчивого профиля подъема волны попуска наблюдается с 24 апреля, и дальнейшее поднятие волны носит сбросовый характер. В период подъема волны затопление пойменных массивов составляет от 11 (п. Подпуск) до 14 дней (п. Акку). Максимальная высота подъема волны в период составляет 3,5 м. Это привело к затоплению поймы в среднем по массивам Кривинский / мелкие Майские (участки краткопоемные) – Лебяженский / Колыбаевский (средне и долгопоемные) на 84,8%, что соответствует естественному режиму (урожайность сенокосов более 20 ц/га). Плавное снижение волны наблюдается с 06-09.05 в пределах 14 дней до уровня, соответствующего постоянному для данного участка реки (141,71; 130,98 и 126,7 м соответственно), что характеризует сход воды с поймы. Далее с 26 мая наблюдается незначительный (до 0,5-0,7 м) второй подъем уровня воды в реке, обуславливающий подтопление незначительной площади прирусловой поймы. Для участка п. Ямышево характерно плавное поступательное поднятие волны с 28.04 по 11.05, на которое приходится максимальная высота попуска (до 3,0 м) и незначительное снижение сбросового характера до характерного для поста уровня воды (113,77 м). Затопление средние и долгопоемных Павлодарского, Белореченского и Чернорецкого пойменных массивов составило 89,3%, что также соответствует естественному режиму. Для п. Павлодар (затон) – Самратка характерен возвышенный профиль волны с 24.05 по 14.05 (пик волны) и далее резко ступенчатый сброс с незначительным подъемом (0,3-0,5 м) 30 мая (п. Павлодар – затон) и поддержание мощности волны 1,0 (п. Самратка). Для постов Жанабет – г/п Ертис характерен плавный медленный подъем периодом 22 дня (макс. на 20-21.05 до 2,0 м) и снижение волны с превышением уровня воды на участке реки до 0,5-0,7 м, что также способствовало достаточному затоплению Качирского, Иртышского и Железинского (по характеру нормально затопляемых) пойменных массивов. Понижение уровня воды до характерной отметки наблюдается в начале июня.

Р.С. Чалов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ЭРОЗИЯ ПОЧВ – ОВРАЖНАЯ ЭРОЗИЯ – РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ: ОБЩЕЕ И СПЕЦИФИЧЕСКОЕ В ФОРМАХ ПРОЯВЛЕНИЯ И МЕХАНИЗМАХ РАЗВИТИЯ

Деятельность водных потоков на земной поверхности по отрыву частиц грунта, перемещению твёрдого вещества и его накоплению принято разделять на три составные части в зависимости от характера самих пото-

ков: временные нерусловые, временные русловые и постоянные русловые (реки). Н.И. Маккавеев одним из первых обратил внимание на общность механизмов эрозионно-аккумулятивных процессов во всей сети водных потоков, сформулировал общие законы их функционирования и показал их взаимосвязанность и взаимообусловленность. Эти положения ныне стали базовыми в теории эрозионно-русловых систем, представляющей собой современный этап в развитии учения о едином эрозионно-аккумулятивном процессе и являющейся, с одной стороны, завершающим звеном в цикле гидрологических дисциплин (воздействие стока на поверхность суши), а с другой – физической основой флювиальной геоморфологии.

Общим, объединяющим все части единого процесса (от ручейка дождевой или талой воды на склоне до крупнейшей реки) являются: 1) воздействие потока на грунт, приводящее к отрыву от него отдельных частиц и их перемещению; 2) образование потока наносов и их аккумуляция, сопровождающаяся как окончательным выводом частиц из транспортировки потоком и накоплением, так и последующим возобновлением перемещения и, в результате, неоднократным переотложением; 3) формирование потоками всех видов русел (микро- (ультрамикро-) на склонах; в оврагах и балках; у ручьев, малых, средних, больших рек) и развитие эрозионно-аккумулятивных процессов в разных звеньях сети по типу «русловых»; 4) временная дискретность процессов (в половодье, паводки, межень) и пространственная континуальность их проявления, обусловленная непрерывностью потоков, поля отметок подстилающей поверхности и возобновлением воздействия той же направленности при восстановлении течения (у временных потоков и при обсыхании в маловодную фазу режима прирусловых отмелей, поймы); 5) пространственный эрозионно-аккумулятивный эффект ручейков на склонах и русловых потоков на дне речных долин в многоводную фазу режима (при затоплении отмелей, поймы); 6) провоцирование склоновых, гравитационных и других нефлювиальных процессов вследствие воздействия потока на бортики ручейков, борта оврагов, берега рек и т.д.; сопровождение бокового подмыва любым потоком обрушений, обвалов, оползней, осыпей разного масштаба.

Специфика каждого вида эрозионно-аккумуляционного процесса определяется различиями в их водности, транспортирующей способности, гидравлических характеристиках, соотношениях глубины и крупности частиц грунта (почвенных агрегатов, наносов), кинематике, турбулентности или ламинарности потоков и т.д. Однако эти различия в большинстве своём в известной мере условны: склоновые потоки могут быть турбулентными, а в русловых в придонной области из-за влияния шероховатости возникает ламинарный подслон; во время ливней или снеготаяния водность склоновых потоков может быть не меньше, а иногда превышать водность постоянных водотоков 1-2 порядка (в зависимости от природной зоны); воздействие мелких потоков на соизмеримые с их глубиной частицы грунта такое же, как на частицы крупных наносов (галки, валунов) на горных реках и в оврагах; склоновые процессы выступают в качестве важнейших условий раз-

вития оврагов и горных рек, особенно в ущельях и каньонах. Если на склонах и в оврагах результат эрозионно-аккумулятивных процессов главным образом проявляется в вертикальной плоскости (по площади или линейно) – в понижении отметок поверхности склона или тальвега, повышении их у подножья склонов или на конусах выноса, то в реках на первый план выступают горизонтальные смещения (размеры/намывы берегов), а вертикальные значимыми оказываются при смещении грядовых форм руслового рельефа, вследствие эволюции форм русла (спрямления излучин, развитии и обмелении рукавов), образовании аккумулятивных форм руслового рельефа или при направленной аккумуляции наносов в устьях. К тому же составляющие единого процесса – эрозия, транспорт и аккумуляция наносов пространственно разделены на склонах и в оврагах (за исключением локальных участков), тогда как в речных системах они нераздельны, проявляясь одновременно в пределах одной формы русла, формы руслового рельефа, поперечника и т.д., и только в макромасштабе (верховья – участки верхнего, среднего и нижнего течения – устье) можно говорить о преобладании эрозионной или аккумулятивной составляющих.

Эти различия определяют различные акценты при исследовании процессов в разных звеньях сети водных потоков, неодинаковые методы, приёмы и подходы к регулированию (или управлению) процессами, что, в свою очередь, вытекает из несопоставимости практических задач, их количества и масштабов; для эрозии почв и овражной эрозии они связаны с использованием земельных ресурсов, для русловых процессов – водных, в первую очередь, и связанных с ними земельных и минеральных ресурсов.

С.Р. Чалов¹, Е.В.Белозёрова¹, Н. Пунтцагбалжир²

1 – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

2 – Монгольский государственный университет техники и технологии

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ БАССЕЙНА СЕЛЕНГИ*

Состав взвешенных наносов является интегральной характеристикой русловых процессов и особенностей массопереноса на водосборе. Однако из-за трудоёмкости анализа, крупность частиц и доля органического вещества во взвеси исследуются крайне редко.

Специальные исследования проводились в июле-августе 2011 г. в бассейне р. Селенга в период прохождения дождевых паводков. Отбирались пробы воды (объёмом до 5 л), а также пробы взвеси, осаждающейся в седиментацион-

* Выполнено при поддержке комплексной российско-монгольской биологической экспедиции, ФЦП «Разработка научно-методических основ мониторинга и прогнозирования состояния бассейна р. Селенга с целью контроля трансграничного переноса загрязняющих веществ и их выноса в оз. Байкал и оптимизации использования и охраны водных ресурсов», проекта РГО «Комплексная экспедиция Селенга-Байкал» и фонда поддержки сохранения озера Байкал.

ных ловушках (время установки – до 5 часов). При фильтровании использовались мембранные и обеззоленные бумажные фильтры. Частицы, осевшие на мембранных фильтрах, анализировались лазерным гранулометром «Fritsch Analysette 22». Содержание органического вещества в составе взвешенных наносов определялось по результатам сжигания бумажных обеззоленных фильтров в печи при температуре 400 С° в течение 3 часов.

Гранулометрический состав взвеси измерен в 28 пробах, отобранных из рр. Тола, Орхон, Селенга и их притоков. Каждый створ отбора проб характеризовался преобладанием русловых или бассейновых источников поступления наносов. Средний размер взвешенных наносов для всего бассейна составил 0,039 мм. Минимальный средний диаметр наносов $d_{взв}$ отмечен в нижнем течении р. Орхон (0,016 мм). Наибольшие значения крупности взвеси были характерны для рек после прохождения пика паводка, что объясняется интенсификацией русловых деформаций, вызывающих поступление в поток более крупных русловых наносов (р. Орхон, г. Харохорин $d_{взв} = 0,124$ мм, р. Селенга в среднем течении $d_{взв} = 0,112$ мм). Повышенная крупность отмечена также для наносов рек, находящихся вне территорий хозяйственной деятельности (р. Старый Орхон. $d_{взв} = 0,108$ мм).

Преобладание мелких частиц в составе взвешенных наносов определяется распространением разработок полезных ископаемых, урбанизированными и сельскохозяйственными территориями. Так, наименьший средний диаметр взвеси был характерен для р. Тола (0,028 мм), в верхнем течении которой расположен г. Улан-Батор, а в нижнем – крупное месторождение золота Заамар. Схожие значения крупности частиц (0,029 мм) отмечены в бассейне р. Бороо, где также производится добыча золота. Средние значения размера взвешенных наносов обнаружены для рр. Хангалын, Хаара и Орхон (0,035, 0,036 и 0,039 мм соответственно). Учитывая приведённые данные, преобладание русловых или бассейновых источников поступления наносов соответствует среднему диаметру взвеси больше или меньше 0,1 мм соответственно.

Крупность наносов, осевших в седиментационных ловушках, изменялась от 0,027 мм (р. Тола, ниже месторождения Заамар) до 0,403 мм (р. Тола, верхняя граница г. Улан-Батор). В первом случае крупность осевших частиц была всего в 1,1 раза меньше крупности взвеси, в то время как в районе Улан-Батора это отличие достигло 18 раз. В среднем по бассейну крупность осевших в седиментационных ловушках частиц оказалась в 5,5 раз больше размера взвеси, переносимой речным потоком.

Содержание органических соединений во взвешенных наносах в среднем по бассейну составило 6,75%. Близкие к этой величине значения были характерны для рр. Селенга и Орхон (5,67 и 6,14%, соответственно, в среднем по всей длине рек). Повышенное содержание органики отмечено на малых реках (Хангалын – 16,3%, Тамир – 11%, Эгейнгол – 8,4%), что можно объяснить большей долей по сравнению с крупными реками в составе взвеси веществ, смываемых с сельскохозяйственных территорий. Минимальные значения содержания органики отмечены в реках, испытывающих влияние

горнодобывающей промышленности, где преобладает поступление минеральных частиц: р. Тола (в среднем для всей реки 2,13%) и р. Бороо (0,92%).

Для частиц, осевших в седиментационных ловушках, среднее содержание органики составило менее 3%, что в 2 раза ниже соответствующих показателей для взвешенных наносов. Это объясняется низкой гидравлической крупностью органических частиц, которые переносятся в транзитном состоянии и не осаждаются на дно (в ловушки).

Таким образом, пространственная изменчивость состава взвешенных наносов в бассейне Селенги связана с распространением природных и антропогенных источников поступления твёрдого материала в реки. Крупность наносов может служить индикационным признаком их генезиса и свидетельствует о наличии бассейновых загрязнений.

Е.С. Черепанова, Н.Н. Назаров

Пермский государственный университет

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ И РАЗНОВИДНОСТИ ПОЙМ ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ

Как и русла поймы рек Пермского Прикамья отличаются большим разнообразием, изменчивостью в пространстве и несут в себе одновременно черты зональности и региональности. В наибольшей степени свойства региональности проявляются при сравнении пойм рек принадлежащих платформенной и горной частям. Зональность, хоть и не так ярко, также находит отражение в характере растительности, особенностях развития пойменных процессов, и косвенно – в видах использования пойм и т.д.

В соответствии с существующими классификациями в бассейнах рек региона выделено 14 типов пойм.

Степень однородности состава пойм для отдельных ландшафтных комплексов и речных водосборов может изменяться в самых широких пределах. Например, для многих равнинных ландшафтов и бассейнов рек Коса, Обва, Лолог характерно наличие всего двух типов пойм (сегментно-гривистой и сегментно-ровной), а для бассейнов рек Сылта, Чусовая, Косьва их количество возрастает до 9-10 типов.

Преобладающими типами пойм в рамках исследуемой территории являются сегментно-гривистые (39,6%) и сегментные ровные (19,9%) – поймы широкопойменных равнинных и полугорных рек.

Для врезанных равнинных и полугорных рек характерно преобладание изогнуто-гривистой поймы (7,8%). Типы пойм горных рек с врезанными и широкопойменными руслами представлены побочными и островными поймами. Их доли варьируют от 0,7% до 6,4%. Также выделен особый, антропогенно-обусловленный тип поймы – техногенные преобразованные поймы. Доля техногенных пойм составляет менее 1% и распространены они в преобразованных долинах рек Большой Колчим, Северный Колчим и Большой Щугор, в районах добычи алмазов дражным способом.

О ПРЕПОДАВАНИИ ОСНОВ ФЛЮВИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И ФОРМ РЕЛЬЕФА В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗАХ РОССИИ И ЕГО ПЕРСПЕКТИВАХ*

Подготовка молодых людей к восприятию географической картины мира, воспитание в них географического, а, следовательно, и экологического мышления – подхода к окружающей природе как к своему дому, ложится на плечи географии – школьного предмета, имеющего мировоззренческий характер. Осуществлять эту важную задачу призваны учителя географии.

Важнейшей составляющей содержания школьной географии является описание и изучение природы нашей планеты – её климата, океанов и морей, озёр и рек, рельефа, ландшафтов в целом. Ведущую роль в ландшафтах играет рельеф земной поверхности; в гумидной зоне умеренных широт, к которой принадлежит большая часть территории России, важнейшими рельефообразующими процессами являются флювиальные. По данным Н.И. Маккавеева на долю флювиальной денудации и транспортировки материала с суши в Мировой океан приходится 86% всей планетарной денудации Земли. То же можно сказать и о флювиальных формах Земли, включая флювиогляциальные и озёрные – флювиальные морфоскульптуры составляют около 60% территории суши нашей планеты.

Несмотря на это, вопросам флювиального рельефообразования при подготовке будущих школьных педагогов, уделяется очень незначительное время, которое к тому же всё время сокращается. Вся подготовка студентов в области изучения флювиальных процессов, рельефа и ландшафтов в целом осуществляется по нескольким видам: обязательные (базовые) курсы, дисциплины по выбору студентов, учебные полевые практики, подготовка курсовых и дипломных работ.

Обязательное изучение флювиальных процессов и форм рельефа до недавнего времени проводилось в педагогических вузах только по направлению «Педагогическое (или естественнонаучное) образование, профиль: география» в рамках дисциплины «Общее Землеведение» (с 2011 г. – «Землеведение») в разделе «Литосфера». В структуре этого раздела ведущее по объёму место занимает тема «Флювиальные процессы и формы рельефа». Тема включает в себя теоретическое изучение форм рельефа, созданных временными и постоянными водотоками, включая пойменно-русловые комплексы, дельты, речные террасы, речные долины в целом, типы эрозионного рельефа, конфигурацию речной сети. До 2012 г. раздел «Литосфера» был представлен 20 лекциями и 12 лабораторными занятиями, из которых флювиальным процессам и рельефу отводилось 4 лекции и 3 лабораторных занятия.

Флювиальные процессы и рельеф изучаются также на учебных практиках по гидрологии и геоморфологии, которые проводятся в бассейнах

малых и средних рек. На практике по гидрологии осуществляются морфо- и гидрометрические измерения русла на участке малой реки длиной около 200 м, и потока в нём: строится батиметрический план русла, карта русловых донных наносов, измеряются расходы воды и взвешенных наносов, составляется план поверхностных струй течения. На практике по геоморфологии проводится выявление флювиальных форм рельефа, их морфометрические измерения. По натурным исследованиям и дешифрированию аэро- и космоснимков составляются геоморфологические карты района практики. При наличии стационаров с постоянными местами наблюдений и регулярным (ежегодным) их проведением (мониторингом) студенты определяют направленность и интенсивность деформаций русла и руслового рельефа. В частности, в Московском педагогическом государственном университете с 1995 г. действует стационарный пост наблюдений за русловыми процессами на р. Тарусе, в РГПУ им. А.И. Герцена (г. Санкт-Петербург) аналогичные работы проводятся на стационаре «Железо» на р. Луге. Продолжительность обеих практик составляла до 2012 г. 5 дней каждая.

В ряде педагогических вузов тематика флювиальной геоморфологии – эрозии- и русловедения, звучала и в дисциплинах по выбору студентов и магистрантов. Так, в МПГУ на протяжении почти двух десятилетий проводился семестровый курс, посвящённый проблемам эрозии и русловых процессов. Студенты слушали лекции ведущих учёных эрозии- и русловедов, приглашаемых из НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева (географический факультет МГУ), делали свои сообщения. По курсу выпущены два учебных пособия. Ежегодно по темам, связанным с флювиальной геоморфологией, готовилось 7-8 курсовых работ, защищалось 2-3 дипломных работы.

Однако в 2011 г. в высшем образовании страны начались реформы, направленные на глобальное сокращение сроков обучения и объёмов читаемых дисциплин и увеличение направлений подготовки во всех вузах, независимо от их реальной специализации. Подготовка специалистов была отменена, и в педагогических вузах страны на географических факультетах стала осуществляться подготовка бакалавров с 4-летним сроком обучения по направлениям «Педагогическое (или естественнонаучное) образование, профиль – география» и «География, профиль – общая география». Лабораторные занятия были заменены семинарами, что повлекло за собой увеличение численности студентов на занятиях с 10-12 до 20-25 человек. Учебные планы по обоим направлениям были разделены и подверглись весьма сложным изменениям.

В МПГУ учителя географии будут слушать по разделу «Литосфера» всего 9 лекций (вместо 20), однако практические занятия для них увеличатся с 12 до 18 занятий. Тем самым, флювиальной теме в данном разделе будет посвящено не более 2-х лекций, но количество практических занятий может быть увеличено до четырёх.

Подготовка географов широкого профиля в постреформенном образовании подвергается сокращению по всем видам. В МПГУ объёмы лекци-

онной и практической частей курса геоморфологии сокращаются до 9 лекций и 9 занятий. Следовательно, количество лекций и практических занятий по теме флювиального рельефа придётся сокращать до 1-1,5. Учебную практику по геоморфологии планируется оставить пятидневной, тогда как учебная практика по гидрологии везде сокращается до 4-х дней.

Фактически, подобные изменения в объёме важнейших базовых дисциплин при подготовке учителей географии и, особенно, географов общего профиля означают резкое снижение качества образования в целом и почти полное исчезновение более или менее детального изучения рек, русловых процессов и форм флювиального рельефа; останется, скорее всего, лишь упоминание о существовании в природе этих объектов и наиболее обобщённые типизации долин, террас, пойм и речных русел.

А.Ф. Черныш¹, А.М. Устинова², Ю.П. Качков¹, Н.А. Лихацевич²

¹Белорусский государственный университет, г. Минск, ²РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», г. Минск

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ДЕФЛЯЦИОННООПАСНЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ ПОЛЕСЬЯ НА ОСНОВЕ ГИС

В последнее десятилетие негативное влияние дефляционных процессов (ветровой эрозии) на эффективное и экологически безопасное землепользование в Беларуси значительно увеличилось. В первую очередь это касается Полесской почвенно-экологической провинции, которая характеризуется более высокими положительными температурами воздуха и продолжительными засухами в течение вегетационного периода, а также преобладанием дефляционно неустойчивых почвообразующих пород – песчаных и осушенных торфяных, которые в Белорусском Полесье занимают 1010 тыс. га.

Современные ГИС-технологии позволяют провести количественный анализ степени развития ветровой эрозии на значительной территории и определить наиболее целесообразное использование дефляционноопасных земель с умеренными материальными и временными затратами.

Создание технологии использования дефляционноопасных земель для агроландшафтов Полесья на основе ГИС предусматривает выполнение следующих этапов работ:

- *подготовка исходных данных*, включающих: цифровую почвенную карту и карту использования земель с границами рабочих участков (ЗИС сельскохозяйственной организации); цифровые модели рельефа (ЦМР); информацию о гранулометрическом составе почв, содержании гумуса, дефляционном потенциале ветра; нормативы почвозащитной способности севооборотов.

- *типизация земель дефляционноопасных мелиорированных ландшафтов.*

Для равнинных дефляционноопасных мелиорированных территорий Полесья типизация является наиболее приемлемой формой учета неоднородности структуры почвенного покрова. Она может осуществляться на разных уровнях, как для всего региона Полесья, так и административных или почвенно-экологических районов, а также отдельных землепользований (хозяйств), что очень важно для разработки практических рекомендаций.

- *определение средних многолетних темпов дефляции и составление картограммы потенциальной интенсивности дефляции с применением ГИС.*

К основным факторам, обуславливающим проявление дефляционных процессов, относятся *дефляционный потенциал ветра* (ДПВ) – интегральный показатель, характеризующий особенности ветрового режима в пределах исследуемой территории, и *дефлируемость почвы*, зависящая от агрофизических свойств почвы и прочностных характеристик ее зерен, которые определяются гранулометрическим составом, содержанием гумуса и карбонатов (Г.А. Ларионов, 1993).

Среднемноголетние темпы потенциальной дефляции (т/га в год) рассчитываются и отражаются на специальной картограмме, которая служит основой выбора севооборотов с различной почвозащитной способностью.

- *разработку и использование компьютерной программы выбора дифференцированных севооборотов в пределах землепользования.* Для автоматизации процесса выбора оптимального типа севооборота, обеспечивающего снижение темпов дефляции до предельно допустимого уровня (1-3 т/га в год), разработана специализированная программа «Erosion 1.0», которая базируется на учете почвозащитной способности культур и севооборотов.

На основании исходных данных с помощью программы «Erosion 1.0» выполняется выбор оптимального севооборота для типов земель, при котором темпы дефляции снижаются до предельно допустимого значения или максимально к нему приближаются. Для удобства сравнения выходная таблица содержит данные об исходных темпах дефляции, типах севооборотов и нормативах их противозерозионной способности, соотношение культур в них (%), а также уровень дефляции почв с учетом выбранного типа севооборота.

Результаты расчета программы могут быть представлены как в виде таблицы, так и быть отображены графически, что повышает их наглядность.

Полученные данные свидетельствуют о том, что большая часть территории исследуемого хозяйства представлена землями с ограничениями в использовании. Среди выбранных программой типов севооборота преобладают травяно-зерновые, применение которых позволит снизить темпы дефляции почвы до предельно допустимого уровня.

ПРИЗНАКИ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Широкое и повсеместное распространение экзогенных процессов требует тщательной разработки методов их исследования. В изучении экзогенных процессов в последние десятилетия важное значение приобретают аэрокосмические методы исследования. Внедрение этих методов значительно расширяет круг вопросов динамического анализа рельефа. Временные ряды снимков с различными интервалами между съемками создают принципиально новую основу для динамического анализа. Наконец, интерпретация снимков позволяет создавать различные карты экзогенных процессов.

Целью данной работы является изучение экзогенных процессов по аэрокосмическим снимкам. Для достижения цели необходимо выполнить тематическое дешифрирование, который включает распознавание и интерпретацию информации, отобразившейся на снимке.

Для распознавания ареалов ведущих экзогенных процессов наиболее удобны увеличенные (масштабом более 1:100000), повышенной контрастности и хорошего качества отпечатки космических снимков и аэрофотоснимки.

Прямыми дешифровочными признаками служат форма, размер, тон, рисунок (текстура), местоположение. Признаки дешифрирования различны для денудационных и аккумулятивных форм рельефа (табл.).

Таблица. Дешифрирование некоторых экзогенных процессов

Процессы		Признаки дешифрирования
обвалы	Участки отрыва	Светлые ареалы в верхних частях крутых склонов. Форма неправильная.
	Обвальные накопления	Осветленные пятна в основании крутых склонов. Форма изометричная. Структура неяснопятнистая.
осыпи	Обнаженные скалистые склоны	Неяснополосчатая, «занозистая» структура, связанная с гравитационным бороздчатым расчленением
	Осыпные шлейфы у подножий склонов	Линейно-площадные с фестончатыми границами, часто дельтовидные. С возрастом тон темнеет. Нижние границы резче верхних. Структура микропятнистая
	Осыпи тальвегов	Линейные, часто дендровидные, сужающиеся вниз по долинам. Границы нечеткие. Структура микрозернистая
оползание	Стенки отрыва	Аналогичны обвальным, но характерны для нижних частей склонов и рыхлых пород
	Оползневые тела	Форма изометричная, границы нерезкие, тон темный, сопряжены со стенками отрыва
Быстрая солифлюкция		Поперечная полосчатость или гофрировка в нижних частях склонов, нарушение сомкнутости лесного покрова, локальная пятнистость
Аккумуляция		Осветленные ареалы с однородной структурой, местами полосчатые, границы нечеткие, неправильные контуры
Овражная эрозия		Резко дифференцированные линейные контуры, границы четкие, форма извилистая, древовидная

Гравитационные процессы характеризуются резкими и лучше распознаваемыми формами обоих типов. При медленных процессах – солифлюкция, делювиальный снос – распознаются только аккумулятивные формы. Локализация участков почвенной эрозии, имеющих осветленный тон, обычно возрастает с активизацией процессов смыва – от общего площадного осветления при слабом смыве к линейно-площадным ареалам среднего и линейным участкам сильного смыва. Поскольку этот метод дешифрирования зависит от человеческой интуиции, анализ снимка должен проводиться очень тщательно. Дешифрирование снимка по косвенным признакам выполняется на основе информации о наличии или отсутствии связанных с объектом косвенных признаков. Так, границы эродированных почв напрямую связаны с такими факторами почвообразования, как рельеф и растительность. Однако применение этого метода требует глубоких знаний взаимосвязей между используемыми косвенными признаками и самим объектом. Помимо визуальных методов дешифрирования космических снимков, для анализа данных дистанционного зондирования применяют также автоматические методы, реализованные в специальном программном обеспечении. Хотя эти методы и не могут полностью заменить собой традиционные способы дешифрирования, у них есть определённые преимущества, к которым можно отнести повторяемость результатов, определение большого числа оттенков серого цвета, возможность проведения количественного анализа и т.д.

Одновременное получение серии снимков в нескольких зонах видимого спектра позволяет синтезировать цветное изображение, оперативно выбирая наиболее эффективные комбинации зон и цветовую гамму. На многозональных космических съемках достаточно высоко оценивается возможность дифференциации сельскохозяйственных культур, выявление разреженного или густого растительного покрова, являющиеся причиной увеличения спектральной яркости (смытые участки) или обусловленные более низкой отражательной способностью в видимых участках спектра, приуроченных к несмытым или намытым почвам.

На основании визуального дешифрирования космических снимков и использования современных компьютерных технологий нами в базовом масштабе 1:15000 было выполнено картографирование ведущих экзогенных рельефообразующих процессов водосбора Киблаи на территории Таджикистана. На космическом снимке можно определить линейно вытянутые, тонкие формы промоин на склонах интенсивно используемых пастбищ. Пастбища отличаются от пашни более густой растительностью, так как на участках пашни в момент съемки осуществлен сбор урожая, и на спектрально-зональном снимке имеют красноватый оттенок и неправильную форму. Резко дифференцированными линейными контурами, четкими границами, извилистой, древовидной формой выделяется овражная система. К левому склону оврага примыкает склон с процессом отседания. Тела отседания имеют изометричную форму, нерезкие границы и более темный тон, в отличие от стенки отрыва и расположены в большинстве случаев в нижней части скло-

на. Осветленные ареалы с однородной структурой на дне оврага дешифрируются как области аккумуляции наносов. На основе космического снимка была сделана попытка выделить участки с различной степенью эродированности почв. В основе выделения таких участков лежит такой дешифровочный признак, как тон и расположение на склоне. Так по более светлому тону выделяются смытые почвы, расположенных на крутых склонах, а по темному – намывные почвы в нижней части склона.

М.В. Шмакова

Государственный гидрологический институт

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЕ РАСХОДА НАНOSОВ

Аналитическая формула расхода наносов G имеет вид:

$$G' = 1,59 G = 1,59 Q \left[\frac{c}{hg} - (1-f) 1000 I \right]. \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; I – уклон дна; h – средняя глубина потока, м ; f – коэффициент внутреннего трения, б/р ; c – сцепление частиц грунта при сдвиге, $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$; Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$.

Расход наносов в этой формуле является общим, в него включены и взвешенные и влекомые наносы. Пересчёт для влекомых или взвешенных наносов может быть осуществлён по известным соотношениям между последними. Из этой формулы следует, что расход наносов G зависит от физико-механических свойств грунта (сцепление грунта при сдвиге и коэффициента внутреннего трения) и от сдвигающей проекции силы тяжести водного потока. В результате апробации формулы на основании данных более 50 водотоков (около 450 измерений) были получены зависимость сцепления частиц грунта при сдвиге от категории крупности донных отложений и зависимость коэффициента внутреннего трения от категории крупности донных отложений. С увеличением крупности донных отложений увеличиваются величина коэффициента внутреннего трения и величина сцепления частиц грунта при сдвиге.

В качестве категории крупности донных отложений принимались пронумерованные в порядке возрастания величины крупности донного грунта. В таблице приведены величины параметров формулы и категории крупности донных отложений. Важно заметить, что параметры формулы (1) оцениваются для конкретного гидрометрического створа при условии однообразной водохозяйственной деятельности вблизи створа. Если в последующие годы в пределах гидрометрического створа появилось иное водохозяйственное влияние на водоток, величины f и c изменятся.

Также важно заметить, что расход наносов в формуле общий. Поэтому полученный по формуле расход наносов следует сопоставлять с из-

меренным общим расходом наносов, либо с измеренным расходом взвешенных наносов при условии незначительного вклада расхода влекомых наносов в общий расход наносов. Поэтому измеренные расходы наносов и гидравлические характеристики потока периодов половодья и межени не следует использовать для подбора параметров формулы и для дальнейшего сравнения наблюдаемых и рассчитанных расходов наносов.

Для изученных водотоков формула (1) обеспечивается следующей исходной информацией – измеренные расходы воды, $\text{м}^3/\text{с}$; измеренные – средние глубины потока в морфометрическом створе, м ; уклон водотока, б/р .

Для нескольких измерений расходов воды и средней глубины потока значения коэффициента внутреннего трения f и сцепления грунта при сдвиге c подбираются таким образом, чтобы средняя относительная ошибка расчёта была минимальной. При подборе параметров формулы f и c следует обратить внимание на диапазоны изменения этих величин. Также при подборе параметров формулы следует принимать во внимание зависимости параметров от категории крупности (табл.).

Таблица. Зависимость параметров формулы расхода наносов от категории крупности донных отложений

Вид донных отложений	Категория крупности донных отложений	Коэффициент внутреннего трения, f , б/р	Сцепление частиц грунта при сдвиге, c , $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с}^2)$
Суглинки	2	0,94	2,01
Песок	3	0,943	3,93
Песчано-галечные	4	0,95	5,23
Галька	5	0,96	5,5
Галечно-гравелистые	6	0,98	5,5

Для неизученных водотоков для расчёта расхода наносов по формуле необходимо располагать уклоном водотока и кривой $Q=f(H)$.

Для построения кривой $Q=f(H)$ используются величины измеренных расходов воды (Q) и соответствующие им глубины (H). В большинстве случаев используется однозначная зависимость расхода воды от уровня, т.е. определённому значению уровня соответствует одно определённое значение расхода воды. В случаях неоднозначной связи (паводочные петли) приходится задействовать дополнительные факторы, определяющие расход воды. При ограниченном диапазоне точек на кривой $Q=f(H)$ возможна экстраполяция кривой в область крайних значений.

Далее, из зависимостей, представленных в таблице, оцениваются величины параметров формулы расхода наносов f и c . Как показывает практика, при таком подходе выдерживается соответствие порядка измеренных и вычисленных расходов наносов.

РАЙОНИРОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Влияние экзогенных геологических процессов (ЭГП) на почвы и растительный покров в условиях Крайнего Севера в большинстве случаев значительно больше, чем вызвавшие их первоначальные техногенные нарушения. Тундровые почвы характеризуются большой рыхлостью, быстрой размокаемостью и большой величиной объемной усадки при высыхании. По этим причинам тундровые грунты и почвы в значительной степени подвержены экзогенным процессам. Развитие оврагов и оползневых процессов в условиях тундры может наблюдаться уже при уклонах поверхности в 1–1,5°. На бровках оврагов формируются трещины усыхания. Нередко оврагообразование сопровождается развитием термокарста, солифлюкции, с формированием котловин и воронок. Сползающий по склонам разжиженный грунт затопляет низинную растительность, что может привести к ее уничтожению. Явления локального сплыва и изливания разжиженного грунта на поверхность часто отмечаются на зимниках и временных дорогах, проложенных на склонах.

Выбор единого показателя для районирования ЭГП – достаточно трудная задача, т.к. изменение земной поверхности происходит под действием многих внешних сил. Экзогенные процессы обладают той особенностью, что не столько они оказывают влияние на антропогенную деятельность, сколько сама антропогенная деятельность приводит к активизации экзогенных процессов.

Районирование проявлений экзогенных геологических процессов на территории Ненецкого автономного округа проведено по показателю количества зон выраженных экзогенных процессов. Информация для выявления этих зон была получена из карт Атласа природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации. Ранжирование проведено по принципу чем выше потенциальная возможность возникновения экзогенных геологических процессов, тем ниже устойчивость среды к антропогенным нагрузкам и выше ранг. Выделено 4 ранга.

Высший ранг получили районы с неустойчивым состоянием геологической среды. Проявление ЭГП характеризуется интенсивным развитием процессов на площади более 50% территории района.

Следующий, более низкий ранг присвоен районам, характеризующимся слабоустойчивым состоянием геологической среды к антропогенному воздействию. Подверженность территории экзогенным геологическим процессам составляет 30–50%.

Относительно низкий ранг присвоен районам с умеренно устойчивым состоянием геологической среды к антропогенному воздействию. Про-

явления ЭГП характеризуются средней интенсивностью, подверженность территории составляет 10-30%.

Низший ранг присвоен районам, геологическая среда которых устойчива к антропогенному воздействию. Экзогенные геологические процессы отсутствуют или проявляются слабо. Подверженность территории ЭГП составляет менее 10%.

В результате районирования на территории Ненецкого автономного округа установлены районы, характеризующиеся разной степенью устойчивости геологической среды к антропогенному воздействию.

Высшая степень – неустойчивая геологическая среда к антропогенному воздействию – присвоена острову Вайгач, предгорьям Пай-Хоя и Тиманского кряжа. В этих районах четвертичные отложения преимущественно представлены морскими отложениями пляжа и низких террас, сложенных песками, галечником, суглинками.

Слабоустойчивой геологической средой к антропогенному воздействию характеризуются бассейны рек Коротаиха, Урерьяха и север Югорского полуострова. Бассейны рек представлены аллювиальными, озерно-аллювиальными отложениями песков, гравия, суглинков.

Умеренно устойчивым состоянием геологической среды к антропогенному воздействию характеризуются Югорский полуостров, север Большеземельской тундры, остров Колгуев, север полуострова Канин. В этих районах четвертичные отложения преимущественно представлены морскими отложениями песков, галечника, супесей, суглинков.

Низшая степень – устойчивая геологическая среда к антропогенному воздействию – типична для остальной территории Ненецкого автономного округа в пределах Канино-Тиманской тундры, Малоземельской и южной части Большеземельской тундры, представленных сильно заболоченными равнинами с моренными грядами.

ДОКЛАДЫ

С.А. Агафонова, К.М. Беркович, С.Н. Рулёва, В.В. Сурков, Н.Л.Фролова РЕКА ТОМЬ: МОРФОЛОГИЯ РУСЛА И ЗАТОРЫ ЛЬДА (В ПРЕДЕ- ЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)	4
З. Бабиньский ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ ПУТЕЙ В ГОРОДАХ (ИЗБРАННЫЕ ПРИМЕРЫ)	12
В.А. Брылев ТИПЫ СКЛОНОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫ- ШЕННОСТИ	19
А.М. Гареев, В.С. Горячев ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЙМЕН- НО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕК РАЗЛИЧНОЙ КАТЕГОРИИ	27
А.В. Гусаров, В.В. Мозжерин АНТРОПОГЕННОЕ УСИЛЕНИЕ БАССЕЙНОВОЙ СОСТАВЛЯЮ- ЩЕЙ СТОКА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РАВНИННЫХ РЕК СЕВЕР- НОЙ ЕВРАЗИИ	32
А.Ф. Машков ИНТЕНСИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	41
И.И. Рысин, И.И. Григорьев О РОЛИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РАЗВИТИИ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В УДМУРТИИ	50

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Айбулатов	Д.Н.	62	Иванова	Н.Н.	69, 73
Александровский	А.Ю.	63	Иванова	Н.Н.	120
Барышников	Г.Я.	64	Ившин	С.Ю.	71
Барышников	Н.Б.	66, 68	Илларионов	А.Г.	121
Белозёрова	Е.В.	197	Ильин	В.Н.	124
Беляев	В.Р.	69, 73	Ильясов	А.К.	76, 126
Беляев	В.Р.	120	Инишев	Н.Г.	117
Беляков	П.В.	136	Качков	Ю.П.	202
Беркович	К.М.	71	Кирвель	И.И.	128
Бондарев	В.П.	73	Кирик	О.М.	126
Ботавин	Д.В.	76	Кирюхина	З.П.	130
Брылёв	В.А.	78	Кичигин	А.Н.	132
Будник	С.В.	80	Ковалев	С.Н.	85, 133
Бузякова	И.В.	82	Ковальчук	И.П.	108
Бурцев	К.С.	66	Козина	О.В.	135
Бызова	Н.М.	208	Колосов	М.А.	136
Варенов	А.Л.	84	Кондратьев	А.Н.	180
Веретенникова	М.В.	85	Коротаев	В.Н.	76, 118, 138
Вершинин	Д.А.	87, 117	Коханько	М.В.	143
Виноградова	Н.Н.	88	Кузьменко	Я.В.	141
Виноградова	О.В.	90	Куксина	Л.В.	62, 139
Власов	Е.Б.	138	Кукшинов	М.С.	128
Водопьянова	О.Г.	182	Куц	С.И.	194
Гагинян	Р.Х.	188	Лапшенков	С.И.	151
Гайсин	Р.И.	92	Ларченко	О.В.	104
Гайфутдинова	Т.В.	94	Ли Сун Шун	Н.	69
Глейзер	И.В.	112	Лисецкий	Ф.Н.	141
Голосов	В.Н.	69, 120	Литвин	Л.Ф.	130
Григорьев	И.И.	96	Лихацевич	Н.А.	202
Гусев	М.Н.	98	Лобанов	Г.В.	143
Гусев	М.Н.	100	Лузгин	Б.Н.	146
Дайковская	Т.С.	103	Львовская	Е.А.	148
Двинских	С.А.	104	Маркелов	М.В.	69, 120
Добровольская	Н.Г.	130	Матвеев	Н.П.	150
Дускаев	К.К.	106	Мордвинцев	М.М.	151, 157
Евсюков	Т.А.	108	Назаров	Н.Н.	153, 199
Егоров	И.Е.	112	Нарожная	А.Г.	141
Ефремов	Ю.В.	114	Никольская	И.И.	155
Завадский	А.С.	116	Никонорова	И.В.	124
Занобед	А.Б.	171	Новикова	М.А.	143
Занозин	В.В.	82	Оттле	К.	69
Зверева	А.Ю.	143	Парамонова	Т.А.	69
Земцов	В.А.	117	Персикова	Л.В.	157
Злотина	Л.В.	71	Петелько	А.И.	159
Иванов	В.В.	118	Петухова	Л.Н.	166

Полякова	А.В.	143	Угренинов	Г.Н.	180
Поташко	Е.А.	66	Устинова	А.М.	202
Пронин	А.А.	118	Фёдорова	С.И.	182
Прохорова	С.Д.	155	Филиппов	О.В.	184
Пряхин	С.И.	163	Фридман	Б.И.	186
Пунтцагбалжир	Н.	197	Халатов	В.Ю.	186
Римский-Корсаков	Н.А.	118	Царегородцева	А.Г.	191, 194
Рысин	И.И.	96, 166	Чалов	Р.С.	195
Сабайда	Е.А.	143	Чалов	С.Р.	197
Савцова	Т.М.	168	Чепелев	О.А.	141
Самофалова	О.М.	141	Черепанова	Е.С.	199
Семёнов	В.А.	171	Чернов	А.В.	200
Сергеев	А.В.	173	Черныш	А.Ф.	202
Скоморохова	Е.М.	68	Четверова	А.А.	62
Смирнова	В.Г.	175	Чигринец	Л.Ю.	106
Солдаткин	А.Ю.	63	Шайдулина	А.А.	104
Субботина	Е.С.	66, 68	Шамшурина	Е.Н.	69, 120
Субетто	Д.А.	200	Шарифуллин	А.Г.	204
Тарбеева	А.М.	85, 88, 176	Шмакова	М.В.	206
Терентьева	Л.Р.	178	Шумилова	Ю.Н.	208
Терехин	Э.А.	141	Эввар	О.	69, 120
Турыкин	Л.А.	71	Ярыгин	А.Н.	78